

Vili Kuosmanen

Asennusystävällinen pientalon sähkösuunnitelma

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

4.5.2015

Tekijä Otsikko	Vili Kuosmanen Asennusystävällinen pientalon sähkösuunnitelma
Sivumäärä Aika	43 sivua + 17 liitettä 4.5.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	Lehtori Jarno Nurmio
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä pientalolle sähkösuunnitelma, jossa kiinnitettiin erityistä huomiota suunnitelman asennusystävällisyyteen ja asennusnäkökulmiin. Asennusystävällinen sähkösuunnitelma tekee sähköasentajan työstä vaivattomampaa, jolloin säästetään asennustyöhön kuluva työtunteja. Suunnitelman talo on kuvitteellinen mallitalo CADS Plannerin mallivalikoimasta.</p> <p>Opinnäytetyössä on hyödynnetty aiempaa omakohtaista sähköasentajan työkokemusta, joka mahdollisti kokonaisvaltaisen näkökulman pientalon sähkösuunnitteluun ja sen toteutukseen. Sähkösuunnitelmat on tehty CADS Planner Electric -suunnitteluohjelmalla. Suunnittelutyön tukena käytettiin Sähköinfon ST-kortistoa, SFS 6000 standardisarjaa sekä ohjaavan opettajan CADS-Planner-opetusvideoita ja materiaaleja.</p> <p>Työn tuloksena valmistui pientalon sähkösuunnitelma, jossa on selkeän suunnitelman lisäksi erityishuomiota vaativia toteutusvaiheen merkintöjä.</p>	
Avainsanat	Sähkösuunnitelma, sähköasennus, pientalo

Author Title	Vili Kuosmanen Installation-Friendly Electrical Plan for a Detached House
Number of Pages Date	43 pages + 17 appendices 4 May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Power Engineering
Instructor	Jarno Nurmio, Senior Lecturer
<p>The aim of this thesis was to create an installation-friendly electrical plan for a detached house. Installation-friendly electrical plan tries to pay attention to installation-friendliness and installation aspects and it makes installation easier for the electrician. Installation work hours are reduced as a result of proper planning. The house of this plan is fictive, and is an example house in CADS Planner.</p> <p>In this study I took advantage of my work experience as electrician, which it possible to see this project very comprehensively. Electrical plans were made with CADS Planner Electric -designing software. Sähköinfo's electrical information-database (also known as ST-cards, ST-kortisto) and SFS 6000 standard-series were also used.</p> <p>As the result, a clear electrical plan was created, including special notifications for installation project.</p>	
Keywords	Electrical plan, detached house

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Pientalon sähkösuunnitelma	2
2.1	Yleistä	2
2.2	Suunnitelmasisällön raja	2
2.3	Sähkösuunnitteluprojektin aloitus	3
3	Suunnitelman dokumentit	6
3.1	Liittymän mitoitus ja sähkötekniset laskelmat	7
3.1.1	Liittymän valinta	7
3.1.2	Liittymisjohdon valinta	8
3.1.3	Ryhmäkeskuksen nousujohto	9
3.1.4	Oikosulkuvirtalaskelmat	9
3.2	Asemapiirros	13
3.3	Asennuspiirustukset	14
3.3.1	Vahvavirtapisteen ja -johdotukset	15
3.3.2	Valaistuspisteet ja -johdotukset	16
3.3.3	Sähkölämmitysjärjestelmä	17
3.3.4	Tietotekniset järjestelmät	18
3.4	Keskuksien pääkaaviot	19
3.5	Järjestelmäkaaviot	20
3.6	Piirikaaviot	23
3.7	Luettelot	24
4	Asennusystävällisyys sähkösuunnitelmassa	26
4.1	Piirustustekniset näkökulmat	26
4.2	Järjestelmäkohtaisten asennuspiirustusten selkeyttäminen	28
4.3	Suunnitelmatekniset näkökulmat	30
4.4	Tietomallipohjaisen suunnittelun edut	32
5	Yhteenveto	33
	Lähteet	35

Liitteet

- Liite 1. 200215-001 Dokumenttiluettelo
- Liite 2. 200215-003 Liittymän mitoitus ja sähkötekniset laskelmat
- Liite 3. 200215-101 Asemapiirros
- Liite 4. 200215-201-1 Asennuspiirustus, Vahvavirtapisteen ja -johdotukset
- Liite 5. 200215-201-2 Asennuspiirustus, Valaistuspisteet ja -johdotukset
- Liite 6. 200215-201-2-2 Asennuspiirustus, Saunan valokuitupiirros
- Liite 7. 200215-201-3 Asennuspiirustus, Lämmityspisteet ja -johdotukset
- Liite 8. 200215-201-4 Asennuspiirustus, Tietotekniset järjestelmät
- Liite 9. 200215-301 Pääkaavio, Mittauskeskus
- Liite 10. 200215-302 Pääkaavio, Ryhmäkeskus / IT-keskus
- Liite 11. 200215-401 Maadoituskaavio
- Liite 12. 200215-402 Antenni- ja yleiskaapelointijärjestelmäkaaviot
- Liite 13. 200215-403 Palovaroitinjärjestelmäkaavio
- Liite 14. 200215-501 Lämmityksen ohjauspiirikaaviot
- Liite 15. 200215-601 Valaisinluettelo
- Liite 16. 200215-602 Lämmitinluettelo
- Liite 17. 200215-603 Määrälaskentaluettelo

Lyhenteet

CAD	Tietokonepohjainen suunnittelu, Computer-aided design. Nykyaikainen yleisesti käytössä oleva suunnittelutapa (1).
ST-Kortti	Sähkötieto ry:n yksittäinen julkaisu sähkösuunnittelun ja toteutuksen avuksi. ST-kortit on koottu Sähköinfo ry:n ylläpitämään ST-Kortistoon (2).
PDF	Portable Document Format, yleinen dokumenttien sähköinen tallennusmuoto. (3).
PEX	PEX-eriste, esim. AXMK kaapelin johtimien polyeteeninen eristemateriaali, jonka yksi hyvistä ominaisuuksista on lämmönvaihtelun aiheuttaman halkeilun kestoisuus. (4).
MMJ	Yleinen käytössä oleva pienjänniteasennuskaapeli, jonka vaippa ja johdineristeet ovat PVC-muovia (5).
LVI	Lämpö, vesi ja ilmanvaihto. Talotekniikan ala, joka on keskittynyt LVI-tekniikkaan. Vrt. esim. sähköala (6).

1 Johdanto

Sähkösuunnitelma on asiakirja- ja piirustuskokonaisuus, joka sisältää sähkötöiden ja kiinteistön ylläpidon avuksi laadittuja dokumentteja ja suunnitelmapiirustuksia. Suunnitelmapiirustukset laaditaan standardin SFS 6000 kohdan 514.5 (7, s. 193) mukaisesti esim. uudisrakennus- ja saneerausprojekteihin, jotta sähkötyöt voidaan suorittaa hallitusti, ja mahdollistetaan sähkötöiden turvallinen suoritus myös tulevaisuudessa.

Suunnitelman tarkoitus on helpottaa sähköurakoitsijan työtä sekä antaa urakoitsijan työlle perustan ja palvella kiinteistön käyttäjää. Suunnitelman avulla urakoitsija voi antaa kohteesta tarjouksen tai kustannusarvion. Suunnitelma päättyy lopulta sähköasentajan apuvälineeksi työhön, ja se määrittelee työkohteessa tehtävät sähkötyöt toimeksiantoon liittyen.

Sähkösuunnitelmalle tärkeää on helppolukuisuus etenkin piirustusten ja kaavioiden osalta. Tämä opinnäytetyö käsittelee pientalon sähkösuunnitelman asennusystävällisiä toteutustapoja ja näkökohtia niin, että sähkösuunnitelman sisältö olisi sähköasennustyötä silmälläpitäen sähköasentajalle mahdollisimman vaivatonta. Sisällöltään puutteelliseksi jäänyt tai sekavasisältöinen sähkösuunnitelma tekee sähköasentajan työstä hitaampaa, sillä osa työajasta kuluu tällöin käytännön asennustoteutusten pohdintaan.

Asennusystävällinen sähkösuunnitelma vähentää asennustöihin kuluvaa aikaa, joka pienentää sähköurakan kokonaiskustannusta. Siten voidaan antaa edullisempi tarjous sähkötöiden osalta. Haittapuolena on suunnitteluun käytettyjen tuntien lisääntyminen, joka joko nostaa suunnitelman hintaa tai suhteellisesti pienentää suunnittelijalle jäävän suunnittelupalkkion voitto-osaa lisääntyneiden suunnittelutuntien takia.

Opinnäytetyötä varten laadittiin sähkösuunnitelma keskihintaiselle uudisrakennettavalle pientalolle. Talo on kuvitteellinen, eikä sitä tulla toteuttamaan. Keskihintaisuus kevenittää sähkösuunnitelman sisältöä siten, että taloautomaatiojärjestelmää ei suunniteltu. Opinnäytetyön sähkösuunnitelmaan liittyvät dokumentit on tehty käyttäen CADS Planner Electric Pro -suunnitteluohjelmistoa, joka soveltuu erikokoisten kohteiden sähkösuunnitteluun.

2 Pientalon sähkösuunnitelma

2.1 Yleistä

Pientalon sähkösuunnitelma sisältää usein suunnitelmadokumenttien laadinnan kohteeseen voimassaolevien määräysten mukaan. Lisäksi suunnitteluun voi kuulua tuotteiden valitsemisen ja ehdottamisen asiakkaalle tai sen edustajalle, sekä lähtötietojen keräämisen muilta suunnittelualoilta suunnittelun pohjaksi. Pientalojen suunnittelutyöryhmä voi sisältää esimerkiksi tilaajan lisäksi arkkitehdin sekä sähkö- ja LVI-suunnittelijat. Pientalot ovat suunniteltavina kohteina yleisiä, mutta kooltaan pieniä, verrattuna esim. toimistorakennukseen tai isoon kauppakeskukseen. Sähkösuunnittelun pienkohteessa hoitaa yleensä yksi suunnittelija alusta loppuun.

Haasteita pientalon sähkösuunnittelussa tuovat esim. tilaajan toiveet ja tietämättömyys, arkkitehdin vaatimukset ja muiden suunnittelualojen päällekkäiset suunnitelmat. Tilaajan toiveet saattavat olla joskus epärealistisia, ja niiden toteutus on joko mahdotonta tai erittäin haasteellista. Pientalojen tilaajina usein toimivat myös ensi kertaa taloa rakentamaan ryhtyneet asiakkaat, joilla ei välttämättä ole tietoa sähköasennusten vaatimuksista ja mahdollisuuksista. Tällöin suunnittelijan tärkeä tehtävä olisi pyrkiä myymään ideat talon sähköistämisestä asiakkaalle. Sähkösuunnittelijalla on enemmän vaikutusvaltaa sähkösuunnitelman sisältöön em. tilanteessa.

2.2 Suunnitelmasisällön rajaus

Opinnäytetyön aihealueen ulkopuolelle on rajattu sähkötyöselostus, taloautomaatiojärjestelmän suunnittelu, 3D-törmäystarkastelu sekä valaistuslaskelmat. Sähkötyöselostus on olennainen osa sähkösuunnitelmaa, ja siinä kerrotaan sanallisesti järjestelmäkohteisesti sähkötöiden sisältö, valitut tuotteet, sekä niiden asennustavat, ja asennuksissa noudatettavia erikoismääräyksiä ja standardeja. Kohteen kuvitteellisuudesta johtuen sähkötyöselostuksen laatiminen ei ole tarkoituksenmukaista opinnäytetyöhön liittyen.

Taloautomaatiojärjestelmät edustavat nykyaikaa, mutta saattavat olla osassa kiinteistö- ja kustannuskysymys toteutuksen laajuudessa. Taloautomaatiojärjestelmä eli rakennusautomaatiojärjestelmä voi sisältää esim. hienostunutta valaistuksen tai lämpötilan

säätöä. Hyvän rakennusautomaatiojärjestelmän suunnittelu vie aikaa sekä vaatii hyvän osaamisen suunnittelutyöhön. Rakennusautomaatiojärjestelmää ei suunniteltu, jotta opinnäytetyö pysyisi järkevän laajuisena.

Sähkösuunnittelu on tällä hetkellä muutostilassa perinteisestä 2D-suunnittelusta koko ajan kovemmin 3D-suunnitteluun, jossa suunnitelmien symbolit ja johdotukset saavat sijaintitietonsa myös korkeuden osalta. 3D-törmäystarkastelussa käydään yhdessä esimerkiksi arkkitehdin, sähkö-, ja LVI-suunnittelijoiden kanssa suunnitelmien 3D-mallinnokset vietyinä samaan kolmiulotteiseen talomalliin, ja tutkitaan, missä kenenkin suunnitelmassaan on joustettava eli mitä kohtia suunnitelmista on muokattava ristiriitojen välttämiseksi projektin toteutusvaiheessa.

Valaistuslaskelmat tehdään, jotta varmistutaan riittävien valaistusvoimakkuuksien saavuttaminen halutuilla alueilla. Valaistuslaskelma voidaan tehdä esimerkiksi käyttäen ilmaista DIALux-valaistuslaskentaohjelmistoa. Valaistuslaskelma on kuitenkin kohtuullisen suuritöinen, vaikka onkin hyödyllinen etenkin, jos valaistukselle on asetettu tavoitteita, joita sen tulisi täyttää.

2.3 Sähkösuunnitteluprojektin aloitus

Suunnitteluprojekti alkoi aloitustoimenpiteiden (8) tekemisellä, jossa luotiin projektikansio, lisättiin sinne projektiin liittyvät tiedostot, kuten arkkitehtipohja sekä muut suunnittelun esitietoina annetut dokumentit. Tiedostot on nimetty selkeästi sekaannusten välttämiseksi (9).

Asennuspiirustus tehtiin mallipiirustus pohjaan (10 ja 11), jolloin piirustuksen nimiö ja piirustusraami tulostuvat suunnittelun loppuvaiheessa selkeästi ja suunnitelman mitta-kaavassa. Paperikoko tämän projektin asennuspiirustuksissa on 420*630 millimetriä. Paperi vastaa korkeudeltaan kahta päällekkäistä A4-paperia vaakatasossa ja leveydeltään kolmea vierekkäistä A4-paperia pystyssä. Säännöllisten A4-paperikoon kerrannaisten käyttö on suositeltavaa, jolloin piirustusten taittelu paperilla onnistuu helposti, ja paperit ovat mapitettavissa. Piirustusten nimiöt esitetyttiin, niin että jokaisen järjestelmän omaan tulostusikkunaan täydennettiin vain järjestelmäkohtaiset tiedot. Kuvassa 1 on esitetty tasopiirustusten esitetäytetty nimiö.

Tunn. Lukum. Muutos				Nimim. Pvm	
K.osa/Kylä	Kortti./Tila	Tontti	Rno	Viranomaisten merkintöjä	
UUDISRAKENNUS				SÄHKÖPIIRUSTUS	
OPINNÄYTETYÖ VILI KUOSMANEN METROPOLIA AMMATTIKORKEAKOULU HELSINKI				ASENNUSPIIRUSTUS MK: 1:50	
		Pvm	20.2.2015	Työnumero	Tilaaajan numero
		Piirt.	VKu	200215	
		Suunn.	VKu		
		Tark.		Piirustusnumero	Muutos
		Yht.hlö		SÄH	
		Lehti			

Kuva 1. Esitäytetty nimiö. (Kuvakaappaus mallipiirustusohjan PDF-tulosteesta.)

Sähkösuunnitelma saattaa sisältää tuotteiden ehdottamisen tai valitsemisen tilaajalle tai sen edustajalle. Tuotevalintojen tekeminen suunniteltuvaiheessa on myös järkevää, sillä suunnitelma voidaan todellisten tuotetietojen avulla tehdä tarkemmaksi ja myös suunnittelijan ajatukset suunnitelman toteutuksesta välittyvät paremmin esim. urakoitsijalle tarjouslaskentaan tai toteutusvaiheeseen. Vaikka tässä opinnäytetyössä ei ole tarvetta päättää todellisia tuotteita kohteen kuvitteellisuudesta johtuen, on apuna kuitenkin käytetty valmistajien internet-tuotekuvastoja. Keskusten alustavina malleina on käytetty Enston Mittaus ja IT-ryhmäkeskuksia (12). Valaisinvalinnat on tehty Alppiluxin (13), Cariitin (14), Enston (12), ja Fagerhultin (15) valikoimista.

Projektitietokantaan luotiin projektiin liittyvät sähköpisteet sähkönumerolinkitysten kanssa (16). Sähköpisteet sisältävät mm. valaisimet, pistorasiat, kytkimet sekä jakorasiat. Projektin kaapelitietokantaan valittiin yleisesti käytössä olevia asennuskaapeleita, kuten esimerkiksi MMJ 3x2,5 S. Kuvassa 2 on esitetty position 1 valaisin ja siihen liittyvät tuotteet luetteloituna CADS Plannerin projektikohtaisessa tietokannan hallintaikkunassa.

Valitut tuotetiedot

Vedä tähän sen sarakkeen otsikko, jonka sisällön mukaan haluat ryhmitellä.

	Tunnus	Nimike	Alihankinta	Varaosa	Määrä	Sähkönumero	Valmistaja	Tyyppi	Tekniset tiedot 1
>		4260175			1	4260175	Ensto BT	AVR320 IP44 LED 10W/840 E PC O	AVR320 IP44 LED 10W/840 E PC O
		1152119			1	1152119	ABB Asennusb	AU19, Irtonysäjäkorasia	
		1152757			4	1152757	ABB Asennusb	AN20, Ø20mm	

Kuva 2. Position 1 yleisvalaisin ja siihen liittyvät tuotteet (Kuvakaappaus CADS Plannerin projektikohtaisista tuotetiedoista.)

Tuotevalintojen jälkeen voi aloittaa asennuspiirustusten tekemisen, ja hyvä tapa aloittaa tasopiirustuksen suunnitteluosuus on sijoittelemalla sähkö- ja telepisteitä vaadittu määrä jokaiseen kohteen tilaan. Sijoitellessa esim. pistorasioita on hyvä miettiä samalla mahdollisia sähkön käyttöpisteitä huoneissa. Suunnittelu on järkevää toteuttaa esim. järjestelmä kerrallaan tai kohteen koosta riippuen esim. huone kerrallaan, jolloin tulee varmasti suunniteltua koko kohde huolellisesti. Tällöin virheiden ja unohdettujen sähköpisteiden määrä jää mahdollisimman vähäiseksi. Pistesijoittelun jälkeen voi piirtää johdotukset, jotka on myös hyvä tehdä esim. huone, ryhmä tai järjestelmä kerrallaan virheiden minimoimiseksi.

3 Suunnitelman dokumentit

Sähkösuunnitelmaan sisältyviä asiakirjoja ja piirustuksia ovat sähkötyöselostus, liittymän mitoituslaskelma/sähkötekniset laskelmat, asemapiirros sähköpisteineen ja johdotuksineen, asennuspiirustukset sähkö- ja tietoteknisistä järjestelmistä, johtokaaviot, keskusten pääkaaviot, erilaiset luettelot suunnitelmiin sisältyvistä tuotteista ja laitteista, järjestelmäkohtaiset kaaviot sekä muut tarkentavat asiakirjat ja piirustukset. Dokumenttien hallinnan kannalta laaditaan usein dokumenttiluettelo, johon on luetteloitu suunnitelmaan kuuluvat asiakirjat. Sähkösuunnitelman koko voi vaihdella muutamasta sivusta useisiin satoihin sivuihin, jolloin dokumenttiluettelon tärkeys korostuu. Opinnäytetyötä varten tehty dokumenttiluettelo (Kuva 3) laadittiin suunnitteluprojektin lopussa, ja sen luomisessa hyödynnettiin CADS Planner Electricin ominaisuutta dokumenttiluettelon kokoamiseksi suunnitelman dokumenteista (17). Seuraavassa on perehdytty sähkösuunnitelman dokumentteihin tarkemmin (18).

PIIRUSTUSNUMERO	NIMITYS	LEHTI/ LEHTIÄ	MUUTOS	
			REV.	PVM.
200215-001	DOKUMENTTILUETTELO	1		21.4.2015
200215-003	LIITTYMÄN MITOITUS JA SÄHKÖTEKNISET LASKELMAT	3		21.4.2015
200215-101	ASEMAPIIRROS, SÄHKÖPISTEET JA -JOHDOTUKSET	1		21.4.2015
200215-201-1	ASENNUSPIIRUSTUS, VAHVAVIRTAPISTEET JA -JOHDOTUKSET	1		21.4.2015
200215-201-2	ASENNUSPIIRUSTUS, VALAISTUSPISTEET JA -JOHDOTUKSET	1		21.4.2015
200215-201-2-2	ASENNUSPIIRUSTUS, SAUNAN VALOKUITUPIIRROS	1		21.4.2015
200215-201-3	ASENNUSPIIRUSTUS, SÄHKÖLÄMMITYSPISTEET JA -JOHDOTUKSET	1		21.4.2015
200215-201-4	ASENNUSPIIRUSTUS, TIETOTEKNISET JÄRJESTELMÄT	1		21.4.2015
200215-301	PÄÄKAAVIO, MITTAUSKESKUS MK	2		21.4.2015
200215-302	PÄÄKAAVIO, RK/ITK	5		21.4.2015
200215-401	MAADOITUSKAAVIO	1		21.4.2015
200215-402	ANTENNI- JA YLEISKAPELOINTIJÄRJESTELMÄKAAVIOT	1		21.4.2015
200215-403	PALVAROITINJÄRJESTELMÄKAAVIO	1		21.4.2015
200215-501	LÄMMITYKSEN OHJAUSPIIRIKAAVIOT	1		21.4.2015
200215-601	VALAISINLUETTELO	1		21.4.2015
200215-602	LÄMMITINLUETTELO	1		21.4.2015
200215-603	MÄÄRÄLASKENTALUETTELO	3		21.4.2015

Kuva 3. Opinnäytetyön pientalon sähkösuunnitelman dokumenttiluettelo. (Kuvakaappaus dokumenttiluettelon 001 PDF-tulosteesta.)

3.1 Liittymän mitoitus ja sähkötekniset laskelmat

Jokainen sähköä tarvitseva kiinteistö liitetään sähkönjakeluverkkoon liittymisjohdon avulla. Pientaloissa liittymisjohto mitoitetaan kiinteistön tehon ja -virran avulla. Mitoituksella pyritään valitsemaan liittymisjohto niin, että kaapeli kestää huippukuormituksen sekä oikosulkutilanteessa oikosulkusuojan toiminta-ajan ilman rikkoutumista. Sähköliittymän mitoitus aloitetaan kiinteistön huipputehon arvioinnilla. Arviointiin voi käyttää ST-kortin 13.31 Taulukkoa 2 (19). Taulukosta sopivin vaihtoehto huipputehon arviointiin tälle pientalolle on kohdan ”Omakotitalot ja erittäin pienet rivitalot”, kohta 2, ”suorasähkölämmitys, kiukaalla.”

Taulukosta valittu kaava huipputehon (1) arvioimiseen on:

$$P_{HMAX} = 7,5 + \frac{64 \cdot A_{LÄM}}{1000} = 7,5 + \frac{64 \cdot 125 \text{ m}^2}{1000} = 15,5 \text{ kW} \quad (1)$$

jossa,

$$A_{LÄM} = \text{Lämmitetty pinta-ala [m}^2\text{], } 125 \text{ m}^2$$

$$P_{HMAX} = \text{Arvioitu huipputeho [kW]}$$

3.1.1 Liittymän valinta

Sähköliittymän valinta tehdään huipputehoa vastaavan huippuvirran (2) perusteella,

$$I_{MAX} = \frac{P_{HMAX}}{\sqrt{3} \cdot U_P \cdot \cos \varphi} = \frac{15,5 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,96} = 23,30 \text{ A} \quad (2)$$

jossa,

$$U_P = 400 \text{ V, verkon pääjännite}$$

$$\cos \varphi = 0,96, \text{ tehokerroin sähkölämmitteiselle talolle.}$$

Huippuvirran avulla saadaan liittymäkooksi seuraava suurempi sulakekoko, joka on 3x25 A.

3.1.2 Liittymisjohdon valinta

Liittymisjohtoa valitessa tulee kiinnittää huomiota esim. kaapelin mekaaniseen kestävyys- ja kuormitus- ja oikosulkuvirtojen kestävyys, kaapelin aiheuttamaan jännitehäviöön, sekä riittävän oikosulkuvirran takaamiseksi liittymälle (19). Myös johdon elinkaarikustannukset tulisi huomioida, ja mahdollinen sähkönkulutuksen lisääntyminen tulevaisuudessa. Yleensä kasvuvaraksi jätetään liittymiskaapeleilla 30 % alkuperäisestä tehosta. Liittymisjohdon valinta tehdään aina lopulta jakeluverkkoyhtiön ohjeiden mukaisesti.

Liittymisjohdon mitoitus-teho (3) saadaan, kun kulutuksen kasvu huomioidaan kertomalla huipputeho 1,3:lla.

$$P_{HMIT} = P_{HMAX} * 1,3 = 15,5 \text{ kW} * 1,3 = 20,15 \text{ kW} \quad (3)$$

Liittymisjohdon mitoitusvirta (4) lasketaan mitoitus-tehon, verkon pääjännitteen, ja teho-kertoimen avulla:

$$I_{MIT} = \frac{P_{HMAX}}{\sqrt{3} * U_P * \cos \varphi} = \frac{20,15 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V} * 0,96} = 30,3 \text{ A} \quad (4)$$

Mikäli sähkönkulutus kohteessa kasvaa tulevaisuudessa, voidaan liittymäkoko nostaa pykälällä suuremmaksi, kun liittymiskaapeli valitaan niin, että se kestää myös suuremman kuormituksen, eli mitoitusvirran 30,3 A:a. Seuraava liittymäkoko mitoitusvirralle on 3x35 A:a. Tällöin sulakkeiden asettama alin kuormitettavuus johdolle on taulukon 1 mukaan 35 A:n sulakkeille 39 A:a. Valittiin kaapelin tyyppi AXMK 4x25 S. Valitun liittymisjohdon ylin kuormitettavuuden arvo maahan asennettuna on 78 A:a. Lämpötilan maassa oletetaan olevan 15 °C, sekä kaapeliojaan asennetaan vain yksi liittymiskaapeli, jolloin korjauskertoimeksi tulee 1,00. Kuormitettavuustarkastelussa voidaan todeta, että liittymisjohdon poikkipinta-ala on riittävä, sillä sulakkeiden asettama johdon alin kuormitettavuus ylittyy reilusti.

Taulukko 1. Alimmat kuormitettavuudet. (Taulukon arvot poimittu standardin SFS 6000-5-52, taulukosta C.52.1)

gG-sulakkeen nimellisvirta [A]	Alin kuormitetta- vuuden arvo [A]
25	28
35	39
50	55
63	70

3.1.3 Ryhmäkeskuksen nousujohto

Kohteen ryhmäkeskuksen kuormitus vastaa lähes kokonaisuudessaan kohteen kokonaistehoa, ja kohteen ryhmäkeskuksen nousujohdon suojaus toteutetaan liittymäsulakkeiden gG 25 A avulla.

Selvitetään nousukaapelin poikkipinta-ala. Tiedetään kaapelin asennustapa, joka vastaa A:ta, eli monijohdinkaapeli eristettyyn aineeseen upotetussa putkessa. D1-2012 Käsikirjan rakennusten sähköasennuksista, taulukon 52.2 (20, s. 218) mukaan pienin poikkipinta-ala 25 A:n ylivirtasuojalle A-asennustavalla on 6 mm². Laajennusvara huomioiden valitaan nousukaapeliksi MCMK 4x10+10.

3.1.4 Oikosulkuvirtalaskelmat

Oikosulkuvirrat lasketaan asennuksen epäedullisimmissa pisteissä, jotta varmistutaan suojauksen riittävän nopeasta toiminnasta vikatilanteissa. Oikosulkuvirta on sidonnainen syöttävän verkon impedanssiin ja kaapeleiden impedansseihin. Syöttävän verkon oikosulkuvirran liittymäpisteessä saa selville liittymän jakeluverkkoyhtiöltä. Jakeluverkkoyhtiöiden liittymäohjeissa on mainittu pienin oikosulkuvirran arvo, joka liittymäpisteessä tulee saavuttaa. Esimerkiksi Caruna-verkkoyhtiöllä em. arvo 3x25 A:n sulakkeilla on 250 A. Jotta arvo saavutetaan, tulee liittymäjohdon olla poikkipinta-alaltaan riittävän suuri. Opinnäytetyön suunnitelman kohteen kuvitteellisuudesta johtuen oletettiin yksivaiheisen oikosulkuvirran arvoksi liittymäkohdassa 600 A.

Jotta voidaan laskea oikosulkuvirta johdon päässä, tulee huomioida myös syöttävän verkon oikosulkuimpedanssi, joka saadaan laskettua ennalta tiedetyn verkon oikosulkuvirran avulla. Kaapelien impedanssit on esitetty taulukossa 2, ja kaapelien pituudet

on saatu sähköisen määrälaskennan avulla tasopiirustuksista CADS Plannerin sisältä. Oikosulkuvirtalaskelmat on tehty tasopiirustusten suunnitteluosuuden jälkeen.

Syöttävän verkon oikosulkuimpedanssi (5):

$$Z_k = \frac{c \cdot U_P}{\sqrt{3} \cdot I_k} = \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 600 \text{ A}} = 0,36566 \, \Omega \quad (5)$$

jossa,

$$U_P = 400 \text{ V, verkon pääjännite}$$

$$c = 0,95, \text{ kerroin joka huomio jännitteenaleneman liittimissä, johdoissa, sulakkeissa, kytkimissä jne. (20, s. 95)}$$

$$I_k = 600 \text{ A, verkon oikosulkuvirta liittymispisteessä.}$$

Liittymisjohdon impedanssi (6):

$$Z_{LJ} = l \cdot 2Z_{\frac{LJ}{KM}} = 0,030 \text{ km} \cdot 2 \left(1,492 \frac{\Omega}{\text{km}} \right) = 0,08952 \, \Omega. \quad (6)$$

Oikosulkuimpedanssi mittauseskuksella (7):

$$Z_{kMK} = Z_k + Z_{LJ} = 0,36566 \, \Omega + 0,08952 \, \Omega = 0,45518 \, \Omega. \quad (7)$$

Oikosulkuvirta mittauseskuksella (8):

$$I_{kMK} = \frac{c \cdot U_P}{\sqrt{3} \cdot Z_{kMK}} = \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 0,45518 \, \Omega} = 482 \text{ A.} \quad (8)$$

Oikosulkuvirta mittauseskuksella on riittävä, sillä oikosulkuvirran arvo ylittää alimman vaaditun arvon, jonka liittymäsulakkeet asettavat, eli $482 \text{ A} > 250 \text{ A}$.

Nousujohdon impedanssi (9):

$$Z_{NJ} = l * 2Z_{\frac{NJ}{KM}} = 0,017 \text{ km} * 2\left(2,246 \frac{\Omega}{\text{km}}\right) = 0,07636 \Omega \quad (9)$$

Oikosulkuimpedanssi ryhmäkeskuksella (10):

$$Z_{kRK} = Z_k + Z_{LJ} + Z_{NJ} = 0,36566 \Omega + 0,08952 \Omega + 0,07636 \Omega = 0,53154 \Omega \quad (10)$$

Oikosulkuvirta ryhmäkeskuksella (11):

$$I_{kRK} = \frac{c * U_P}{\sqrt{3} * Z_{kRK}} = \frac{0,95 * 400 \text{ V}}{\sqrt{3} * 0,53154 \Omega} = 413 \text{ A} \quad (11)$$

Oikosulkuvirta ryhmäkeskuksella on riittävä taulukon 3 mukaan, koska gG-typin sulakkeet 25 A:n nimellisvirralla edellytettävät 110 A:n laskennallista oikosulkuvirtaa johdon päässä oikosulkusuojauksen toiminnan takaamiseksi 5 sekunnin toiminta-ajalla.

Pisimmän pistorasiaryhmäjohdon impedanssi (12):

$$Z_{RJ} = l * 2Z_{\frac{RJ}{KM}} = 0,040 \text{ km} * 2\left(8,770 \frac{\Omega}{\text{km}}\right) = 0,70160 \Omega. \quad (12)$$

Oikosulkuimpedanssi kauimmaisessa pistorasiassa (13):

$$\begin{aligned} Z_{kPR} &= Z_k + Z_{LJ} + Z_{NJ} + Z_{RJ} \\ &= 0,36566 \Omega + 0,08952 \Omega + 0,07636 \Omega + 0,70160 \Omega = 1,23314 \Omega \end{aligned} \quad (13)$$

Oikosulkuvirta kauimmaisessa pistorasiassa (14):

$$I_{kPR} = \frac{c * U_P}{\sqrt{3} * Z_{kPR}} = \frac{0,95 * 400 \text{ V}}{\sqrt{3} * 1,23314 \Omega} = 178 \text{ A} \quad (14)$$

Oikosulkuvirta on riittävän suuri taulukon 4 mukaan, koska $178 \text{ A} > 160 \text{ A}$, joka on alin vaadittu laskennallinen oikosulkuvirran arvo C16-typin johdonsuojakatkaisijalle 0,4 sekunnin toiminta-ajan takaamiseksi.

Taulukko 2. Kaapelien likimääräisiä impedansseja 80 °C:n johdinlämpötilassa. Taulukon arvot on poimittu D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista, taulukosta 41.6 (20, s. 96).

Johtimien poikkipinta [mm ²]	Kaapelin impedanssi, CU, [Ω/km]	Kaapelin impedanssi, AL, [Ω/km]
4 x 1,5	14,620	-
4 x 2,5	8,770	-
4 x 6	3,660	-
4 x 10	2,246	-
4 x 16	1,418	2,326
4 x 25	0,902	1,492

Taulukko 3. gG-sulakkeille vaaditut alimmat oikosulkuvirran arvot. Taulukon arvot on poimittu D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista, taulukosta 41.5 (20, s. 94).

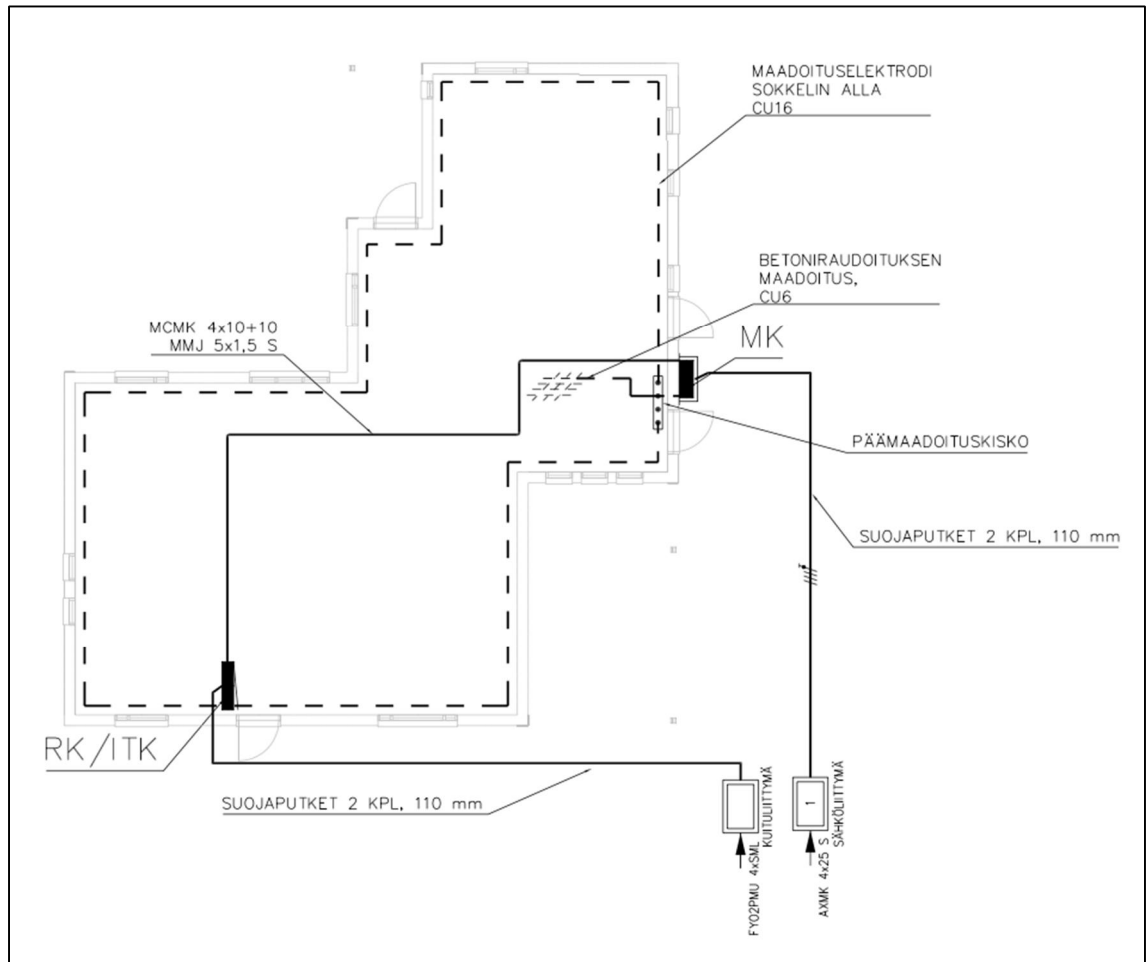
Nimellisvirta [A]	gG-sulake 5,0 s, [A]	Vaadittu mitattu arvo [A]
6	28	35
10	46,5	58,2
16	65	81,3
25	110	137,5

Taulukko 4. Automaattisen poiskytkennän takia vaaditut oikosulkuvirran arvot C-typin johdonsuojakatkaisijoilla. Taulukon arvot on poimittu D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista, taulukosta 41.4a (20, s.93).

Nimellisvirta [A]	C-tyyppi, 0,4 s ja 5,0 s, [A]	Vaadittu mitattu arvo [A]
6	60	75
10	100	125
16	160	200
25	250	312,5

3.2 Asemapiirros

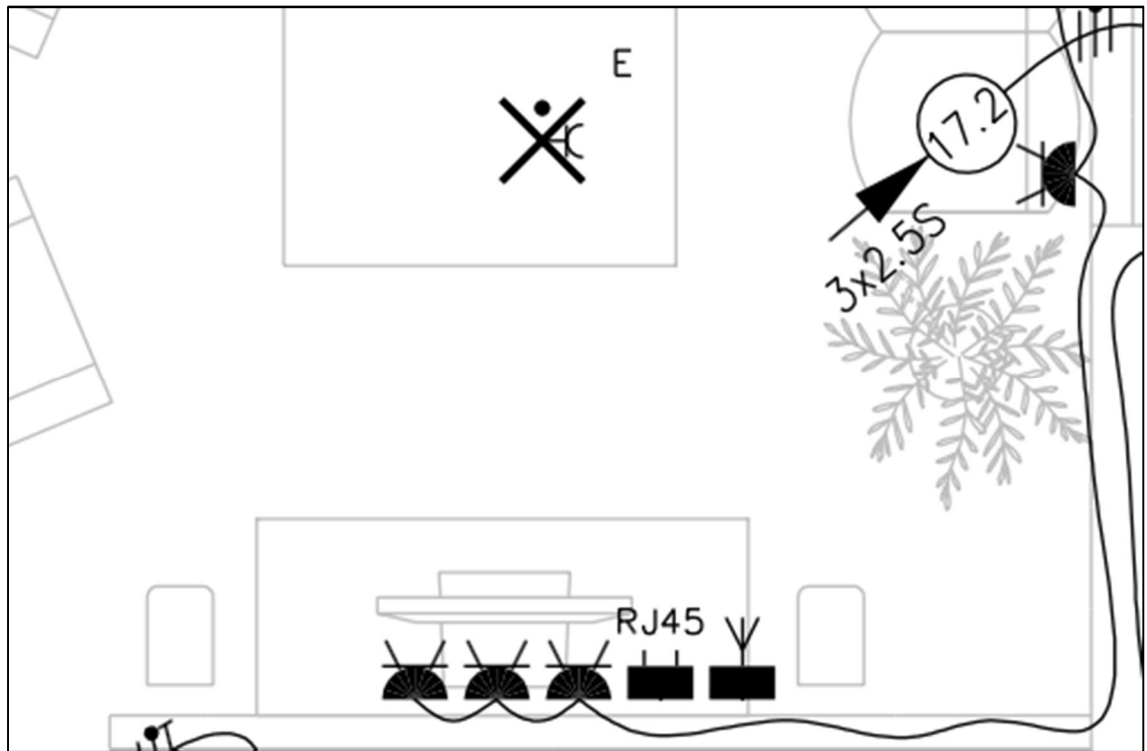
Asemapiirros on arkkitehdin luoma piirros, josta selviää rakennusten sijainnit tontilla. Sähkösuunnitelman osalta asemapiirroksessa esitetään tontille sijoittuvat sähköasennukset, kuten kaikkien järjestelmien liittymiskaapelit, rakennusten väliset kaapelit, kaapelien suojaputket, ulos sijoittuvien asennuksien keskusten sijainnit (21) sekä maadoituselektrodin ja päämaadoituskiskon sijainnit. Lisäksi asemakuvassa suunniteltavasta kohteesta riippuen esitetään myös esim. autolämmityspistorasiat, ja rakennuksista erillään olevat ulkovalaisimet sekä näiden johdotukset. Opinnäytetyön kuvitteellisuudesta johtuen erillistä arkkitehdin asemapiirrosta ei ollut saatavilla, joten asemapiirros (Kuva 4) on tehty sammuttamalla talopohjasta tarpeettomat tasot ja elementit asemapiirroksen kannalta.



Kuva 4. Asemapiirroksen suunnitelmasisältö. (Kuvakaappaus asemapiirustuksen 101 PDF-tulosteesta.)

3.3 Asennuspiirustukset

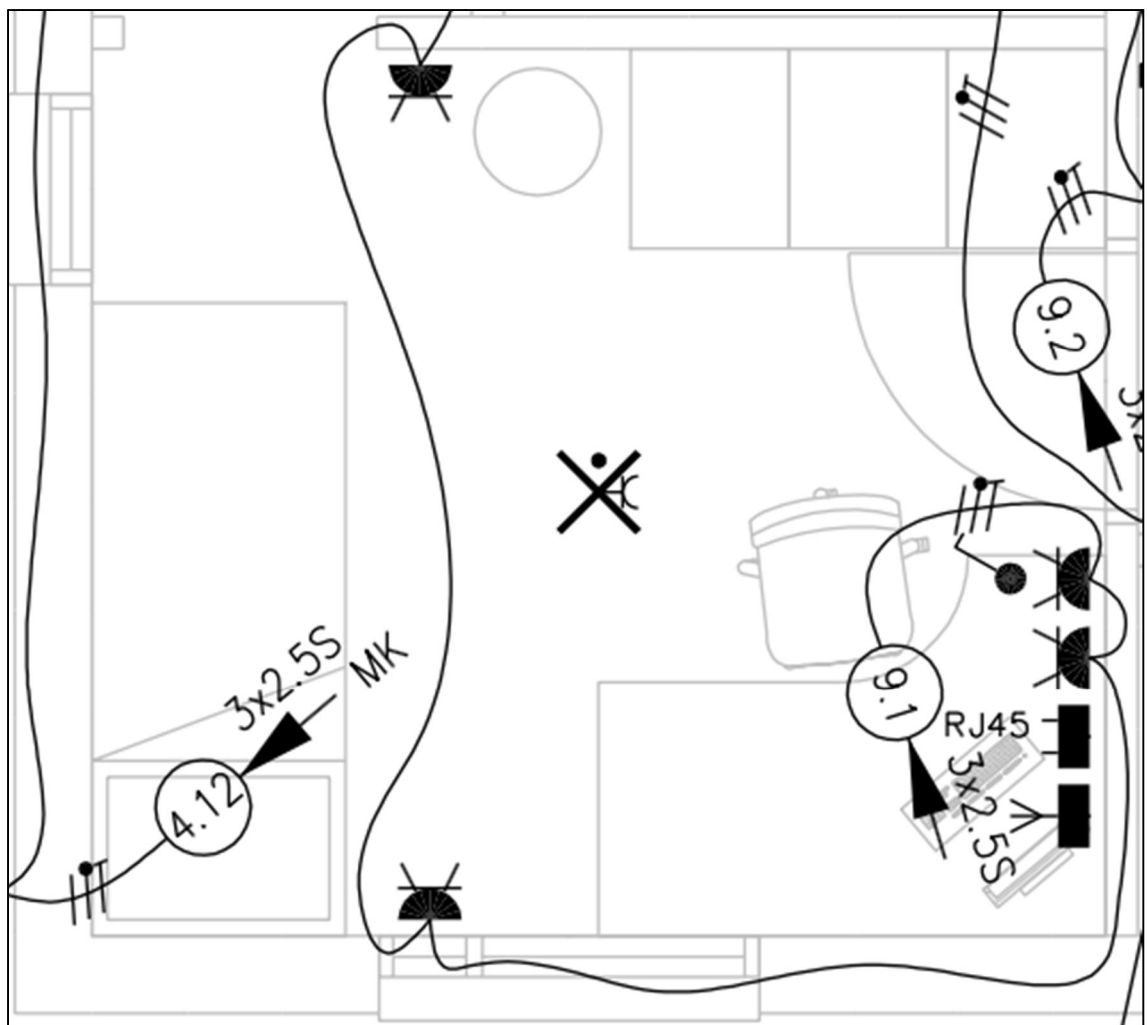
Kaikki asennuspiirustukset on tehty tietomallilinkityksin niin pitkälti, kuin suunnitteluohjelma sallii. Tietomallipohjaisessa suunnitelmassa jokainen symboli vastaa oikeaa tuotetta. Tuotteille määritettiin myös 3D-mallit. Kaikki sähkösuunnittelu tehtiin samaan asennuspiirustus-tiedostoon, ja suunnitteluohjelman tulostusikkunoilla valittiin S2010-sähkönimikkeistön (22) mukaiset järjestelmäkohtaiset materiaalit, jotka tulostetaan erillisinä suunnitelmapiirustuksina omille papereilleen (23). Asennuspiirustusten apuna on käytetty ST-esimerkkiä 05 (24), jossa on esitetty esimerkkipiirustukset asuinalolle, ST-käsikirjoja 30 (25) ja 34 (26), sekä Sähköinfon erillisjulkaisua ST-kortistossa: ”Tulkintoja asennuskysymyksiin” (27). Asennuspiirustukset on numeroitu välille 201-1 - 201-4 sitten, että ensimmäinen numero viittaa asennuspiirustuksiin ja kaksi seuraavaa esim. kerrokseen. Viivan jälkeinen juokseva numero on yksilöllinen järjestelmäkohtainen numero. Kuvassa 5 on olohuoneen vahvavirtapisteitä ja –johdotuksia.



Kuva 5. Olohuoneen pistorasiasijoittelua ja –johdotuksia. (Kuvakaappaus asennuspiirustuksen 201-1 PDF-tulosteesta.)

3.3.1 Vahvavirtapisteeet ja -johdotukset

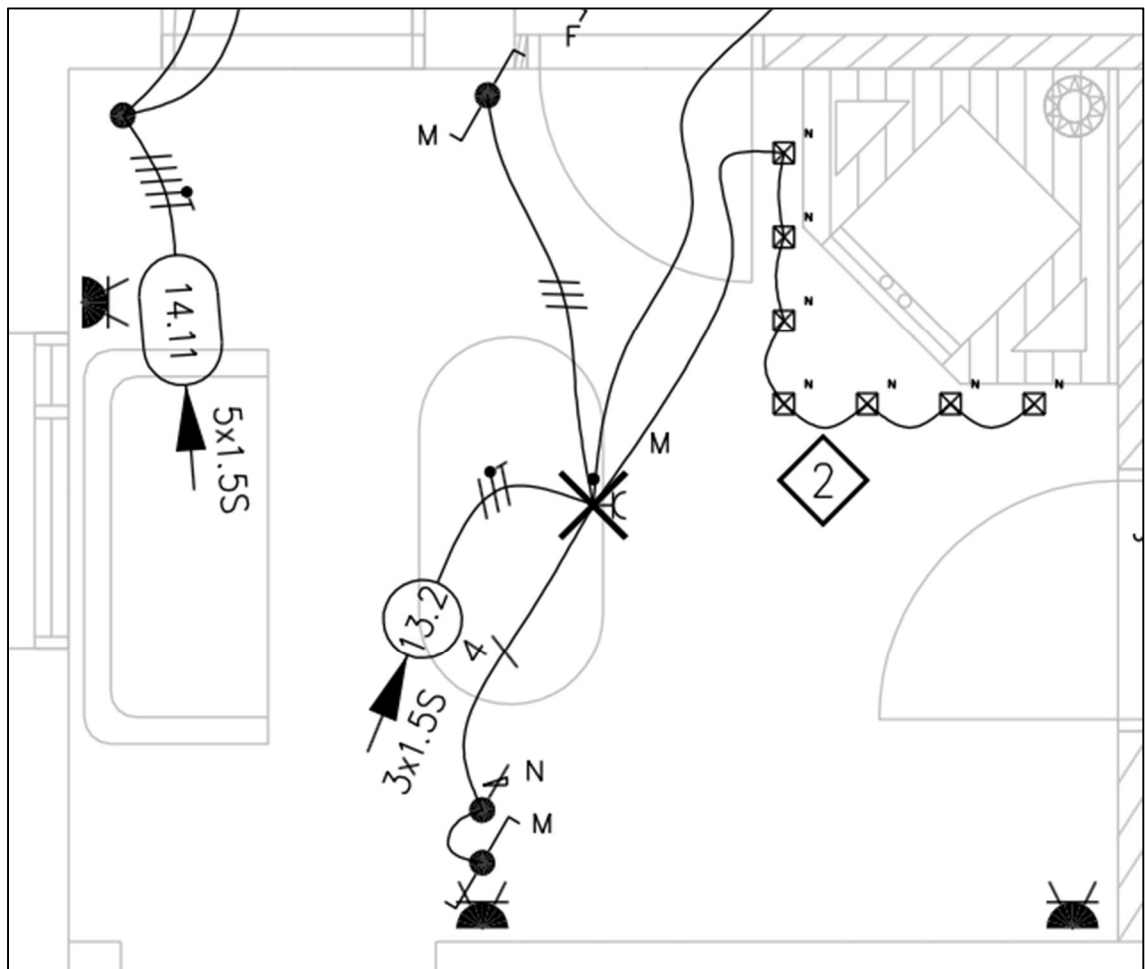
Vahvavirtapiste ja -johdotukset -piirustuksessa on esitetty pistorasioiden, liitántärasioiden, kiinteiden ja puolikiinteiden sähkölaitteiden sijoituspaikat, johdotukset sekä laitteiden ryhmittely syöttöihin. Avuksi vahvavirtapistepiirustukseen on laitettu valaistus-, antenni- ja yleiskaapelointipisteet, jolloin esimerkiksi saman peitelevyn alle asennettavat pistorasia ja antennipistorasia ovat helpommin hahmotettavissa rasioiden paikkoja työmaalla määritettäessä. Suunnittelun apuna on käytetty ST-korttia 51.22 (28), joka käsittelee mm. kytkimien ja pistorasioiden sijoittelua. Esimerkkinä vahvavirtapisteeet ja -johdotukset piirustuksesta on kuvakaappaus (Kuva 6) makuuhuoneesta 1.



Kuva 6. Vahvavirtapisteeet ja -johdotukset makuuhuoneessa. (Kuvakaappaus asennuspiirustuksen 201-1 PDF-tulosteesta.)

3.3.2 Valaistuspisteet ja -johdotukset

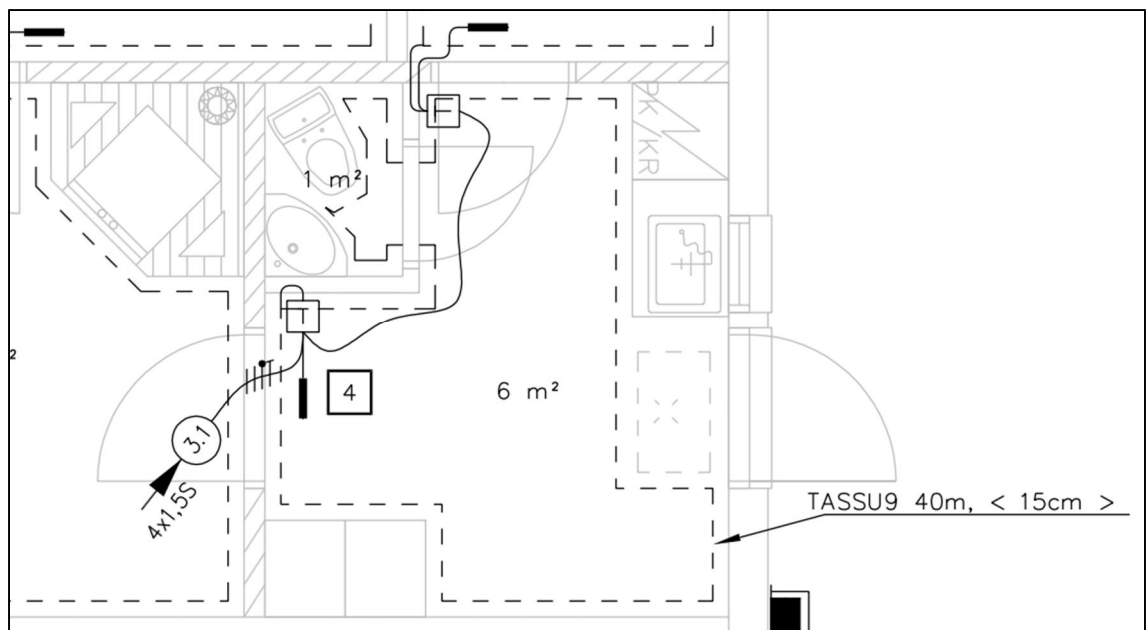
Valaistuspiste ja -johdotus piirustuksessa on esitetty kiinteistöön asennettava valaistusjärjestelmä valaisimineen, kytkimineen, johdotuksineen, ohjauksineen sekä ryhmitelyineen syöttöihin. Valaistusjärjestelmä on tulostettu omalle paperille erillään vahvavirtajärjestelmistä piirustuksen selkeyttämiseksi. Asennustyön avuksi jätettiin pistorasioiden sijoittelut, jolloin kytkimen ja sen alla sijaitsevan pistorasian asentamiseksi pystyssä linjaan on helpompaa. Esimerkki valaistusjärjestelmän piirustuksesta on kuvakaappauksessa (Kuva 7) takahuoneesta.



Kuva 7. Takahuoneen valaistus ja sen ohjaus. Lisäksi uppoasennettavien rasioiden paikan määrittely työmaalla pystyssä linjaan pistorasioiden kanssa on helpottuu, kun pistorasioiden paikat on esitetty valaistusjärjestelmän piirustuksessa. (Kuvakaappaus asennuspiirustuksen 201-2 PDF-tulosteesta.)

3.3.3 Sähkölämmitysjärjestelmä

Sähkölämmitysjärjestelmä suunniteltiin pääasiassa toteutettavaksi lattialämmityksin. Lattialämmitys on helppo tapa lisätä asumismukavuutta ja varmistaa lämmön tasainen jakaantuminen ympäri asuntoa. Lattialämmityksen avuksi suunniteltiin ilmalämpöpumppu (29), jolla voidaan kierrättää ilmaa asunnossa, sekä tarvittaessa lämmittää ilmaa lisää tai jäähdyttää huoneilma haluttuun lämpötilaan. Sähkölämmitysjärjestelmän piirustuksessa on esitetty huoneiden lattialämmityskaapelin tyyppi, pituus, asennusväli, termostaatin paikka, ja kaikki sähkölämmitykseen liittyvät johdotukset, sekä sähkölämmittimet. Ilmalämpöpumpun laitteet ja johdotus on esitetty vahvavirtapistepiirroksessa.

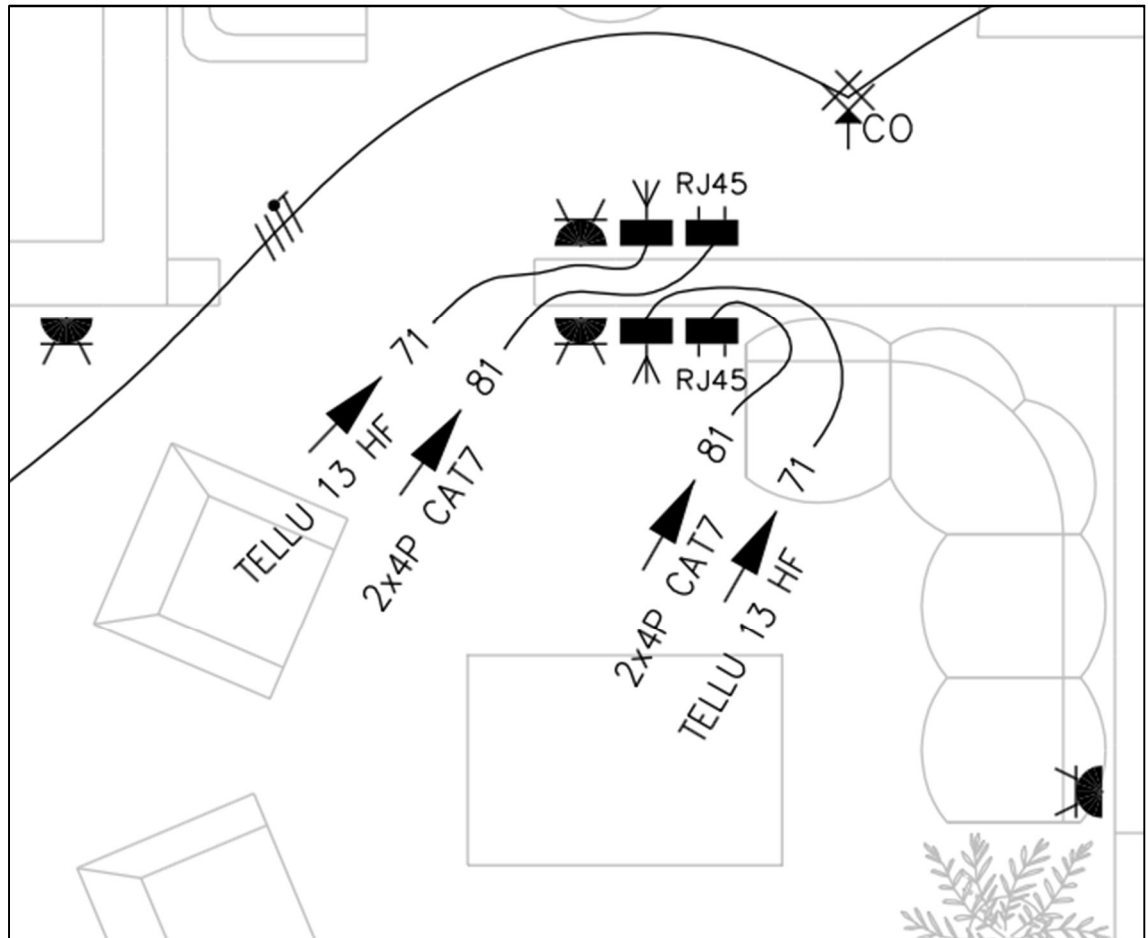


Kuva 8. Makuuhuoneen 1 lattialämmityksen asennuspiirustus. (Kuvakaappaus asennuspiirustuksen 201-3 PDF-tulosteesta.)

Kuvassa 8 on esitetty sähkölämmitysjärjestelmä kodinhoituhuoneen osalta. Lattialämmityksen termostaatti on sijoitettu huoneen oven läheisyyteen, mutta kuitenkin pois tiiliseinästä. Termostaatti mittaa lattiaan asennetun anturin avulla lattian lämpötilaa ja pyrkii pitämään sen vakiona säätelemällä lattialämmityskaapelin toimintaa päälle/pois (30).

3.3.4 Tietotekniset järjestelmät

Tietoteknisten järjestelmien piirustuksessa on esitetty pientalon tietoteknisiin järjestelmiin luettavat järjestelmät, joita ovat mm. antenni-, yleiskaapelointi-, palovaroitin- ja ovikellojärjestelmät. Piirustus sisältää edellä mainittujen järjestelmien pistesijoitukset, johdotukset, sekä asennukseen liittyviä tietoja, esim. tiedon asennuskorkeudesta. Kuvas-
sassa 9 on takka- ja olohuoneen välisen seinän tietoteknisten järjestelmien pisteet.

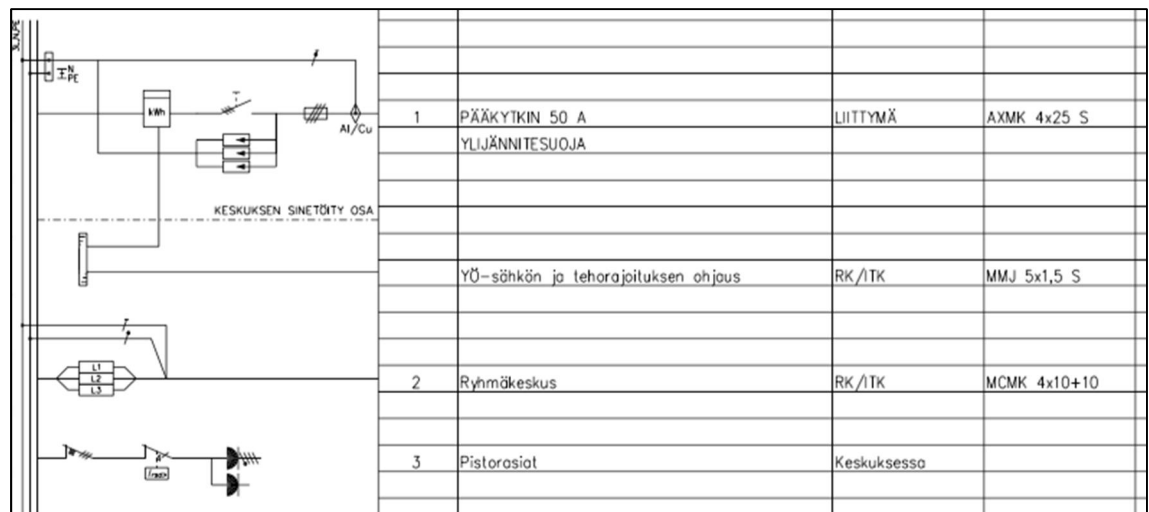


Kuva 9. Olo- ja takkahuoneen antenni- ja yleiskaapelointipisteitä ja niiden johdotukset. (Kuva-
kaappaus asennuspiirustuksen 201-4 PDF-tulosteesta.)

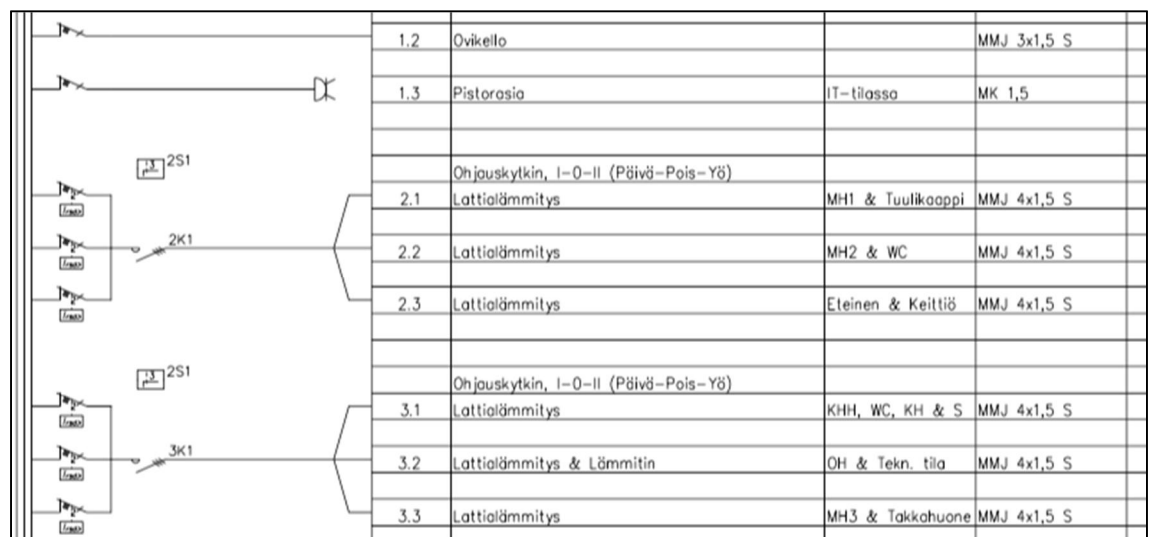
ST-kortin 622.50 (31) mukaan asuinhuoneistot tulee varustaa verkkoliitäntäisillä palo-
varoitimilla, yksi alkavaa 60 neliometriä kohden jokaisessa kerroksessa. Kuituliittymä-
kaapelin valinnassa on käytetty ST-ohjeisto 3:a (32), joka käsittelee tiedonsiirtokaapelin
valintaa. Yleiskaapelointijärjestelmän apuna on käytetty ST-korttia 681.11 (33), asuin-
kiinteistöjen yleiskaapelointijärjestelmät.

3.4 Keskuksien pääkaaviot

Pääkaaviot laaditaan keskuskohtaisesti kuvaamaan keskuksien sähkönjakelun rakennetta, ja niistä selviää mm. keskuksen syötön tiedot, keskukselta lähtevät ryhmät ja niiden kaapelit varoketjotoineen. Lisäksi erikoisohjaukset esim. releohjatun valaistuksen komponentit esitetään keskuksen pääkaaviossa. Opinnäytetyön pääkaavion luomisessa hyödynnettiin asennuspiirustuksissa tietokantaan syötettyä tietoa (34). Kuvissa 10 ja 11 on kuvakaappaukset mittaus- ja ryhmäkeskusten pääkaaviosta.



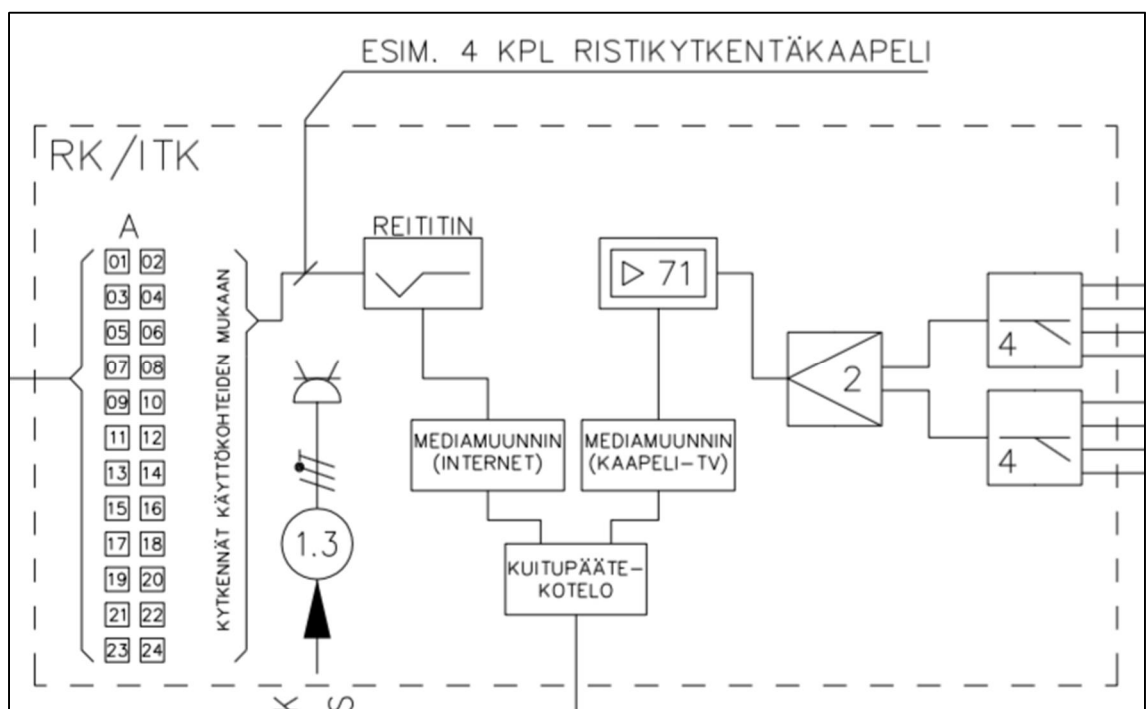
Kuva 10. Mittauskeskuksen sähköliittymä ja lähtöjä. (Kuvakaappaus pääkaavion 301 PDF-tulosteesta.)



Kuva 11. Ryhmäkeskuksen lähtöjä pääkaaviossa. (Kuvakaappaus pääkaavion 302 PDF-tulosteesta.)

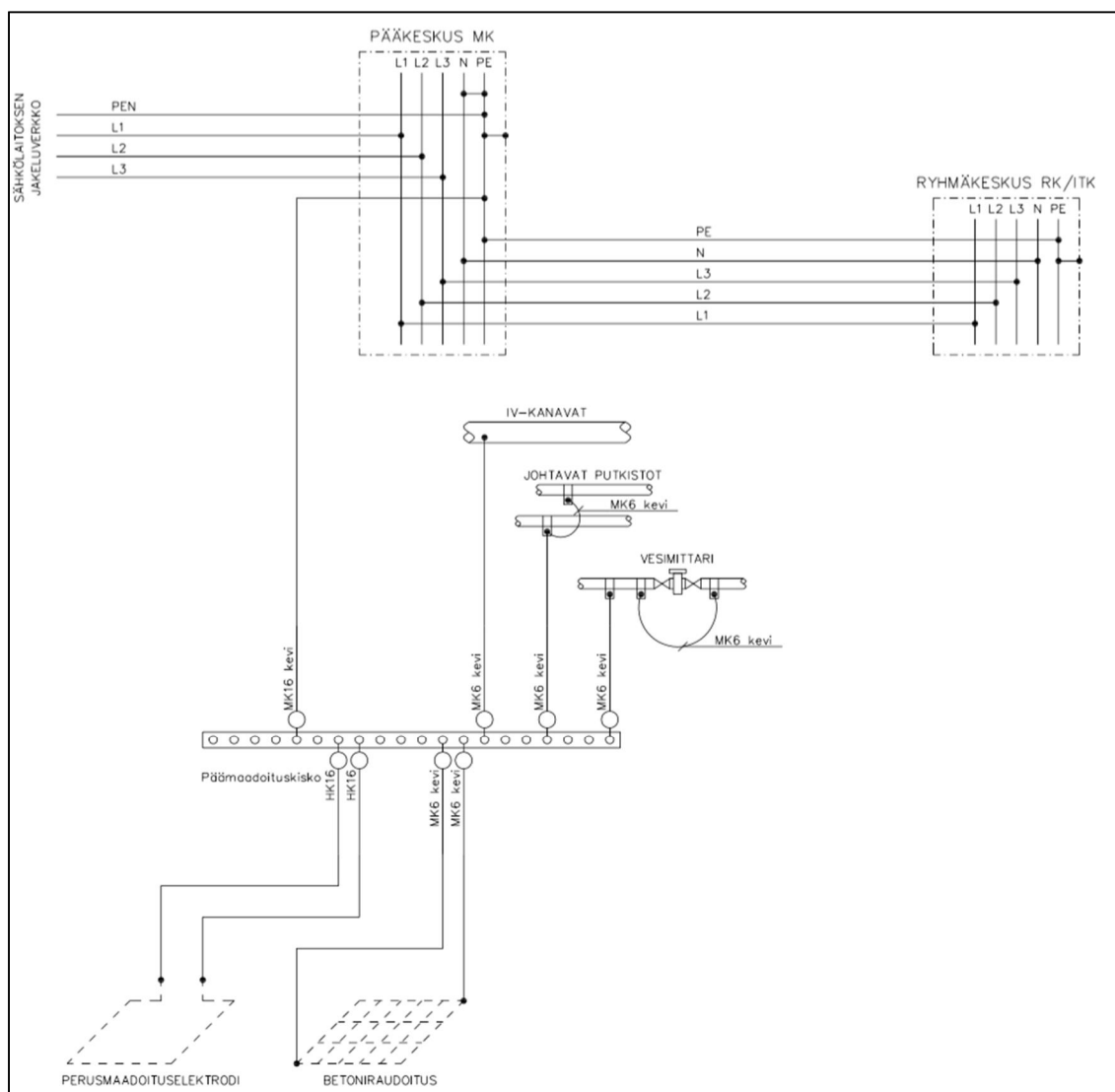
3.5 Järjestelmäkaaviot

Järjestelmäkaaviot pyrkivät antamaan selkeän käsityksen eri järjestelmien rakenteesta. Opinnäytetyötä varten pientalolle laadittiin maadoitus-, antenni-, yleiskaapelointi- ja palovaroitinjärjestelmälle (Kuva 14) järjestelmäkaaviot. Järjestelmäkaaviot maadoituskaaviota lukuun ottamatta laadittiin tehtyjen asennuspiirustusten pohjalta. Antenni- ja yleiskaapelointikaaviot on yhdistetty samaan kaaviopohjaan (35), koska kummatkin järjestelmät ovat pientalossa melko pieniä ja järjestelmillä on yhteinen (Kuva 12) IT-tila ryhmäkeskuksessa.



Kuva 12. Yhdistettyjen antenni- ja yleiskaapelointikaavioiden yhteinen ryhmäkeskuksen IT-osa. (Kuvakaappaus antenni- ja yleiskaapelointijärjestelmäkaavioiden 402 PDF-tulosteesta.)

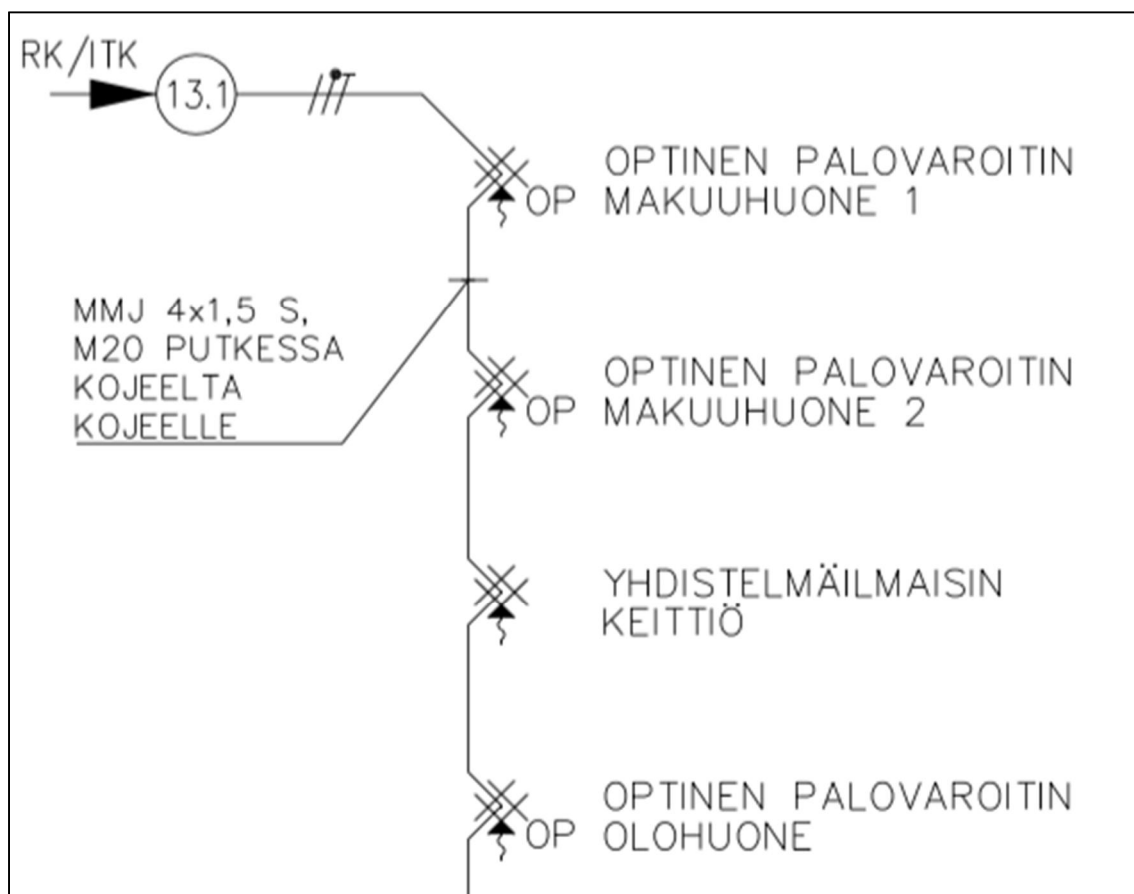
Maadoituskaavioon CADS Planner Electric tarjoaa suunnitteluavuksi erilaisia maadoituskaavioiden pohjia, joista muokkaamalla saa suunniteltavaan kohteeseen soveltuvan maadoituskaavion helposti (36). Valmispohjien etuna on ajansäästö, mutta käytettäessä valmispohjia apuna on tärkeää muistaa tarkistaa kaavion kaikki valmiit kohdat, jotta vältetään ylimääräisiltä virheiltä. Opinnäytetyön suunnitelmakohteen maadoituskaavio on kuvassa 13.



Kuva 13. Kohteen suunnitelman maadoituskaavion suunnitelmasisältö. (Kuvakaappaus maadoituskaavion 401 PDF-tulosteesta.)

Maadoitusjärjestelmän suunnitteluun on käytetty ST-kortin 53.21 kohtaa 4.2 (37), joka käsittelee maadoitusjärjestelmien mitoitus, sekä SFS standardin 6000-5-54 kohtaa 542 (7, s. 302), jossa käsitellään maadoitusjärjestelmiä. Edellä mainitun standardin mukaan Suomessa päämaadoituselektrodin poikkipinta-ala kuparijohtimella on oltava

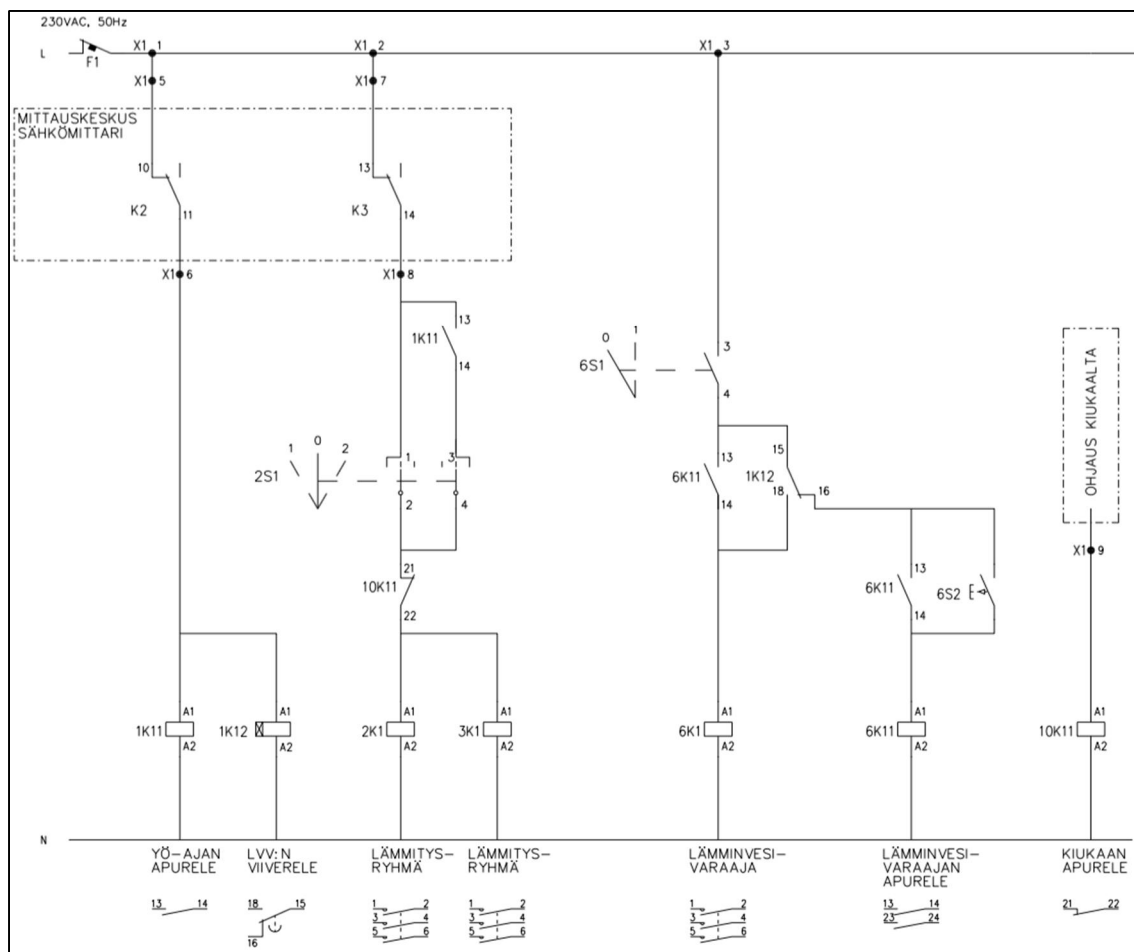
vähintään 16 mm², mutta ST-kortti suosittelee suurempiin kohteisiin käytettäväksi vähintään 25 mm²:n poikkipinta-alaa. Mittauskeskuksen ja päämaadoituskiskon välisen suojamaadoitusjohtimen tulee standardin SFS 6000-5-54 taulukon 54.2 (7, s.305) mukaan alle 16 mm²:n poikkipinta-aloilla olla vähintään yhtä suuri kuin ääri- eli vaihejohtimen poikkipinta-ala. Erillisten maadoitusjohtimien vähimmäispoikkipinta-alaksi standardin kohta 542.3 (7, s. 304) määrittelee 6 mm².



Kuva 14. Palovaroitinjärjestelmän neljä ensimmäistä pistettä. (Kuvakaappaus palovaroitinjärjestelmäkaavion 403 PDF-tulosteesta.)

3.6 Piirikaaviot

Sähkölämmityksen ohjauksesta laadittiin piirikaavio, jossa on esitetty yöaikana tapahtuvat lämmityksen ohjaukset, kiukaan vuorottelu muun lämmityksen kanssa sekä lämminvesivaraajan päiväkäytön ohjaus. Lisäksi kotona-poissa-kytkimen lämpötilan pudotuksen kytkentä selviää piirikaaviosta. Kuvassa 15 on ote piirikaaviosta 501.



Kuva 15. Ote lämmityksen ohjauspiirikaaviosta. (Kuvakaappaus piirikaavion 501 PDF-tulosteesta.)

Lämminvesivaraaja lämmittää veden yösähkön aikana, jolloin energian hinta on alhaisempi. Vetohidasteinen lämminvesivaraajan viiverle estää kytkentäpiikin muun lämmityksen kytkeytyessä samaan aikaan päälle. Kytkeytymisen viive voi olla esim. 30 ja 180 minuutin väliltä.

3.7 Luettelot

Sähkösuunnitelma sisältää pääsääntöisesti valaisin- ja lämmitinluettelot, joissa valaisimet ja lämmittimet on luetteloitu positoiden mukaan järjestyksessä. Lisäksi suunnitelmaan voidaan liittää sähköinen määrälaskentataulukko, johon on listattu suunnitelman tuotteet ja kaapelit. Valaisinluettelosta selviää valaisimen valmistaja, tyyppi, teho, liitäntälaitteen tyyppi, ja valaisimien lukumäärät suunnitelmassa. Lämmitinluettelo sisältää tiedon lämmittimen valmistajasta, lämmittimen tyypin, tehon ja lämmittimien lukumäärän suunnitelmassa. Luettelot on helppo laatia omalla toiminnollaan tietomallipohjaisesta suunnitelmasta (38), kun kaikki valaisimiin ja lämmittimiin liittyvät tiedot on syötetty oikeille paikoilleen tuotetietoihin. Luettelot palvelevat etenkin sähköurakoitsijaa ja nopeuttavat tarjouksen antamista suunnitelman kohteesta. Luetteloita voidaan käyttää myös kiinteistöhuollon apuna esim. valaisinhuoltoa toteutettaessa, jolloin vaihdettavien osien tilaaminen helpottuu, kun valaisimen malli ja valmistaja ovat tiedossa. Suunnitelman kohteen valaisin- ja lämmitinluettelot on esitetty kuvissa 16 ja 17.

POSITIO	VALAISIN									LKM
	VALAISIMEN VALMISTAJA	VALAISIMEN TYYPI	HÄIKÄISY-SUOJA	TEHO W	LAMPPU	ASENN. TAPA	LIITÄNTÄ YKSIKÖ	KOMPEN-SOINTI		
1	Ensto BT	AVR320 IP44 LED 10W/840 E PC 0		10		F			2	
2	Cariitti	AMONET SQ hopea 4W		4		F			42	
3	Alppilux	AL122L550		9	LED-moduuli	S		kyllä	3	
4	Ensto BT	AVR320 IP44 L 10W/840 E PC 0 P		20		F			3	
5	Fagerhult	300141 1100LM 4K ANT		14		S			8	
6	Ensto BT	LED valaisin 1W neliö musta		1		S			1	
7	Cariitti	VPL30		14		S			1	

Kuva 16. Valaisinluettelossa on listattuna suunnitelmaan sisältyvät valaisimet, mutta ei esim. valaisinpistorasioita. (Kuvakaappaus valaisinluettelon 601 PDF-tulosteesta.)

LÄMMITIN					LKM	
LÄMMITTIMEN VALMISTAJA	LÄMMITTIMEN TYYPI	HANKKII	TEHO W	TERMOSTAATTI		
Ensto BT	Taso, 550W, 400x800 mm		550W	Elektroninen	1	
Ensto BT	Tassu 2, 240 W, 11 m, 1,6–2,7 m ²		240W		1	
Ensto BT	Tassu 6, 600 W, 29 m, 4–7,2 m ²		300W		2	
Ensto BT	Tassu 9, 900 W, 40 m, 5,8–10 m ²		900W		3	
Ensto BT	Tassu 12, 1200W, 54m, 7,6–13,5 m ²		1200W		3	
Ensto BT	Tassu 22, 2200W, 106m, 13,3–26,5 m ²		2200W		1	
Ensto BT	Thinkit EFHTK1, 130W, 13.5m, 0,9–2,2 m ²		130W		1	

Kuva 17. Lämmitinluettelo listaa suunnitelman sähkölämmityslaitteet. (Kuvakaappaus lämmitinluettelon 602 PDF-tulosteesta.)

LAITE	TYYPPI	VALMISTAJA	PIIRUSTUS	NIMIKE	MÄÄRÄ ALUE
Kupariköysi	HK 16 KEVI	Prysmian Finland Oy		0105205	25
Antennikaapeli	Tellu 13	Prysmian Finland Oy		0232186	126
Tietoliikennekaapeli	2x4P CAT7 F/FTP	Prysmian Finland Oy		0264000	120
Asennusjohto	ML 1,5 RU	Prysmian Finland Oy		0400802	62
Asennusjohto	ML 1,5 MU	Prysmian Finland Oy		0400803	62
Asennusjohto	ML 1,5 SI	Prysmian Finland Oy		0400807	62
Asennusjohto	ML 1,5 KEVI	Prysmian Finland Oy		0400808	62
Asennusjohto	ML 2,5 VHA	Prysmian Finland Oy		0400820	35
Asennusjohto	ML 2,5 RU	Prysmian Finland Oy		0400822	35
Asennusjohto	ML 2,5 MU	Prysmian Finland Oy		0400823	35
Asennusjohto	ML 2,5 SI	Prysmian Finland Oy		0400827	35
Asennusjohto	ML 2,5 KEVI	Prysmian Finland Oy		0400828	35
Asennusjohto	MK 6 KEVI	Prysmian Finland Oy		0402198	60
Asennusjohto	MK 16 KEVI	Prysmian Finland Oy		0403304	3
Asennuskaapeli	MMJ 3x1,5 S	Prysmian Finland Oy		0406722	152
Asennuskaapeli	MMJ 3x2,5 S	Prysmian Finland Oy		0406723	445
Asennuskaapeli	MMJ 4x1,5 S	Prysmian Finland Oy		0406732	120
Asennuskaapeli	MMJ 5x1,5 S	Prysmian Finland Oy		0406742	18
Asennuskaapeli	MMJ 5x2,5 S	Prysmian Finland Oy		0406743	51
Kumikaapeli	H07RN-F 7x2,5 S	UAB Telefonica Baltic		0422148	2
Kumikaapeli	H07RN-F 5x2,5 S	Prysmian Finland Oy		0478439	2
Voimakaapeli	AXMK 4x25 S	Prysmian Finland Oy		0601830	30
Voimakaapeli	MCMK 4x10+10	Prysmian Finland Oy		0602100	19

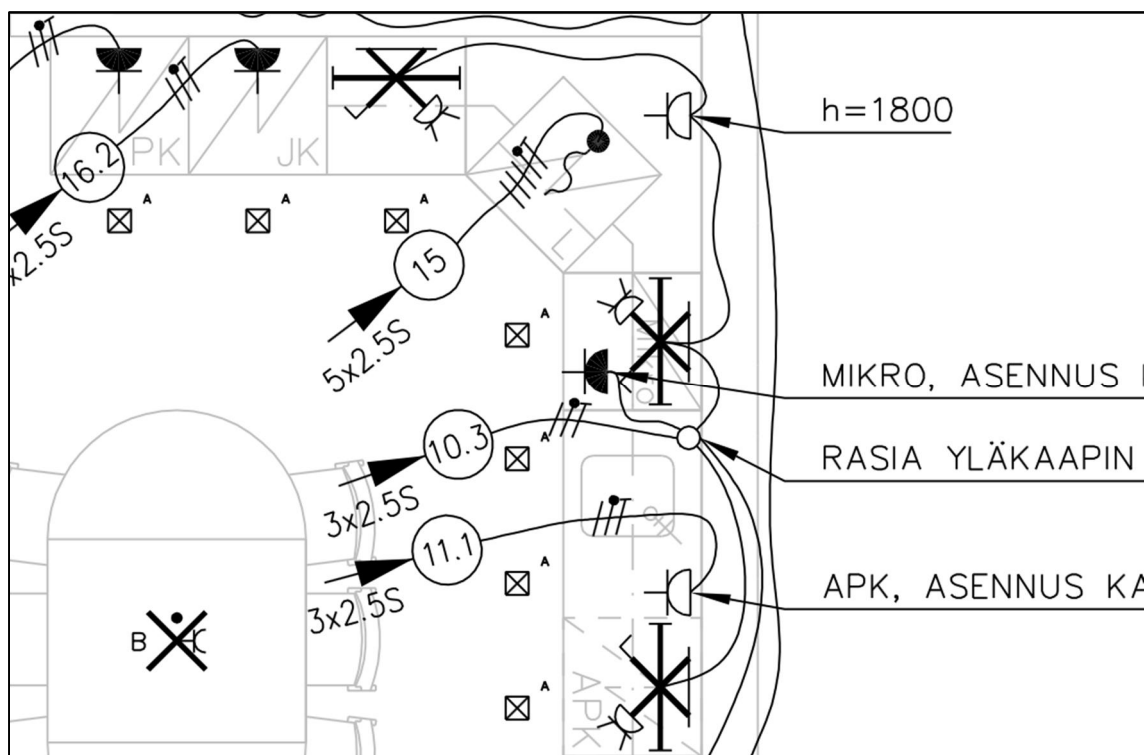
Kuva 18. Määrälaskentaluettelo listaa tuotteet, niiden lukumäärät, valmistajat ja sähkönumerot. (Kuvakaappaus määrälaskentaluettelon 603 PDF-tulosteesta.)

Sähköinen määrälaskentaluettelo on nopea keino listata suunnitelman tuotteet suoraan suunnitteluohjelman avulla (39). Määrälaskennan tuloksiin kannattaa suhtautua pienellä varauksella, sillä kyseessä on ohjelmallinen näkemys asennuksesta, joka ei välttämättä vastaa täysin todellista toteutusta. Kuvassa 18 on kuvakaappaus tuotteiden määrälaskentaluettelosta johon on yhdistetty tietomallin sisältämät tuotteet sekä sähköisen määrälaskennan avulla lasketut kaapelipituudet.

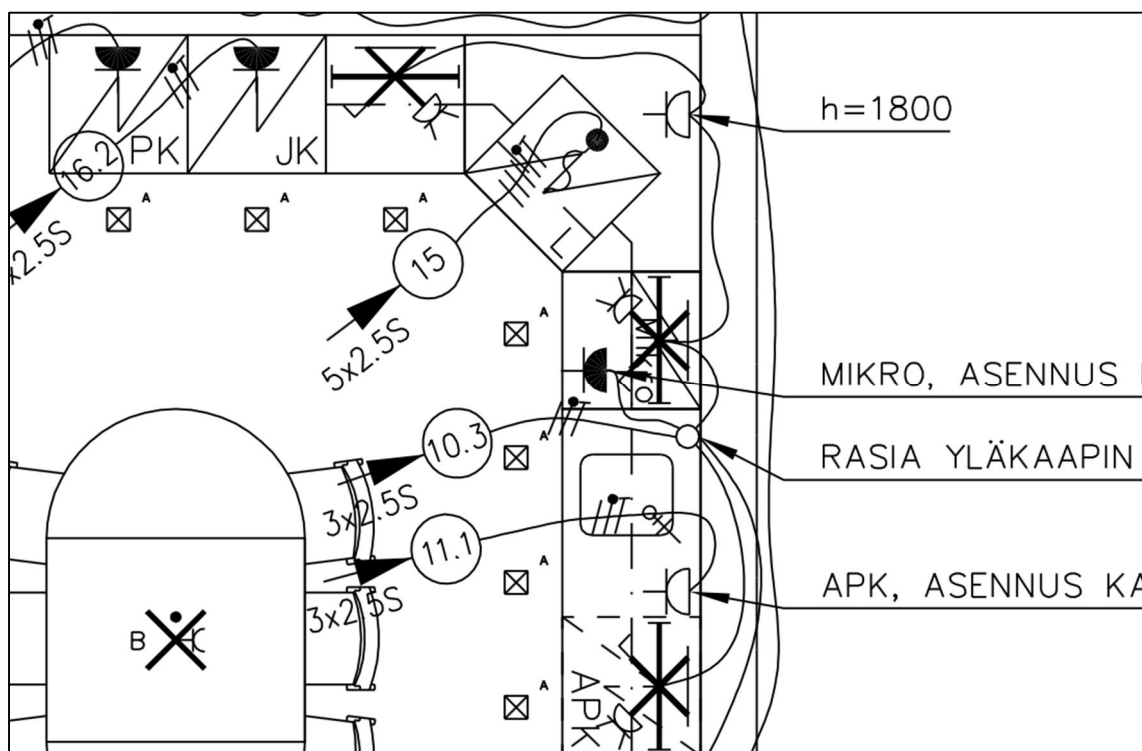
4 Asennusystävällisyys sähkösuunnitelmassa

4.1 Piirustustekniset näkökulmat

Tapoja joilla vaikutetaan suunnitelman selkeyteen suunnitelmaa tulostettaessa, on muutamia. Eräs hyvä tapa parantaa sähkösuunnitelman luettavuutta on esim. arkkitehtipohjan tulostaminen suunnitelmapiirustuksen taustalle harmaana (40), jolloin sähkösymbolit ja -johdotukset korostuvat. Vertailu kuvien 19. ja 20. välillä korostaa eron suunnitelman luettavuudessa, kun tulostusasetukset ovat oikein, ja arkkitehtipohja on häivytetty taustalle.

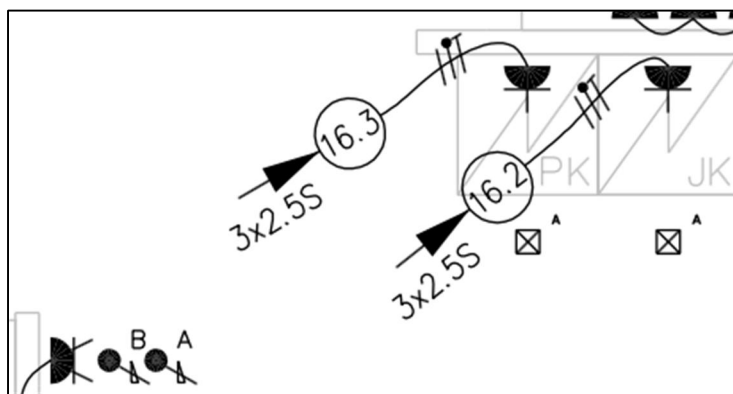


Kuva 19. Keittiön sähkösuunnitelma harmaalla arkkitehtipohjalla. (Kuvakaappaus asennuspiirustuksen 201-1 PDF-tulosteesta.)

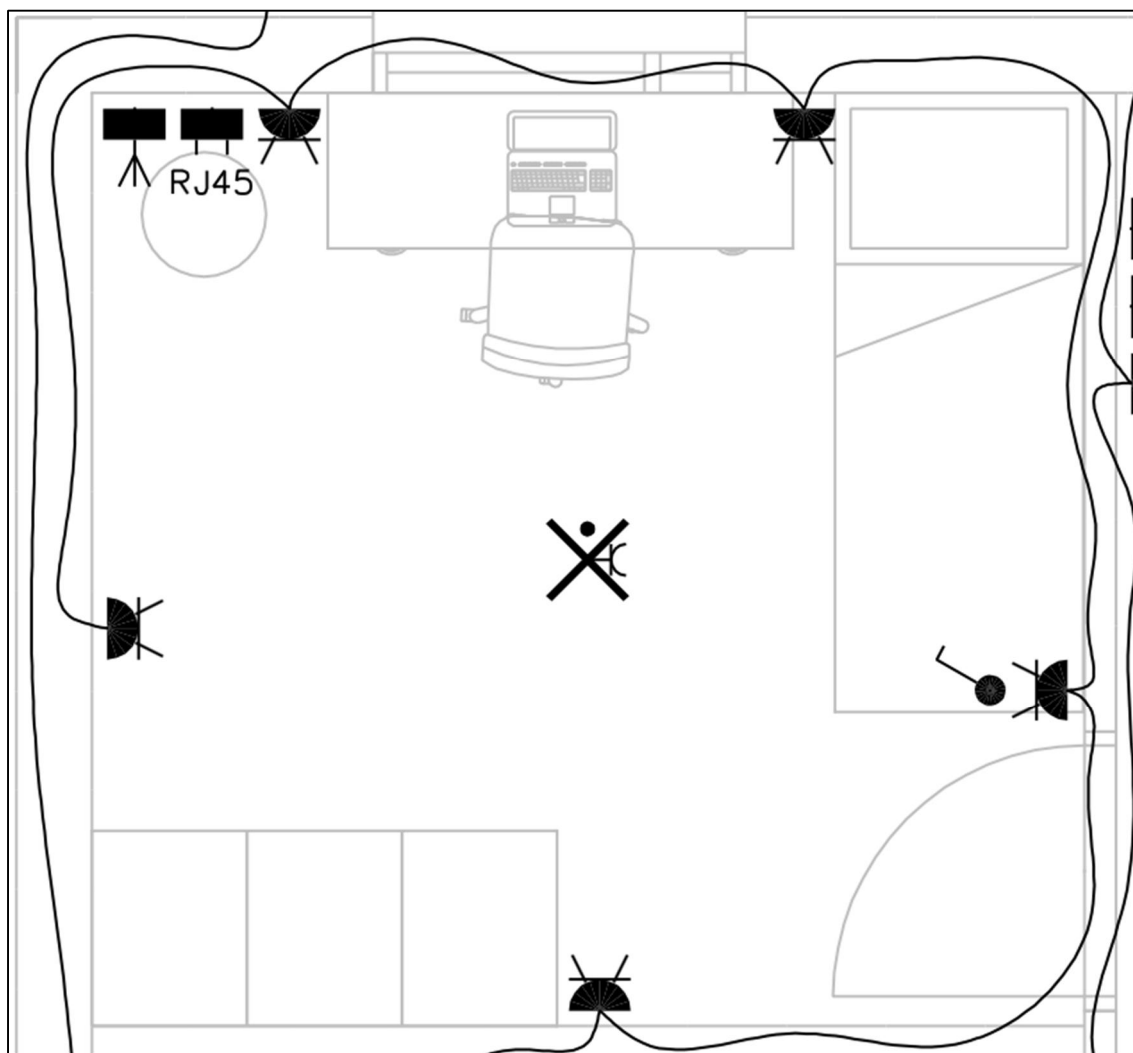


Kuva 20. Keittiön sähkösuunnitelma ilman arkkitehtipohjan häivytyistä taustalle. (Kuvakaappaus PDF-tulosteesta.)

Johdotukset ovat suunnitelmapiirustusten oleellinen osa, ja johdotusten esittämisestä piirustuksissa tulee selkeämpää, kun piirretään johdot riittävän etäälle toisistaan (Kuva 22) sekä vältetään niiden turhaa risteilyä. Ryhmän johdotustieto eli tieto ryhmää syöttävästä kaapelista on hyvä esittää ryhmämerkin yhteydessä (41). Johdotustiedon lisäksi ryhmämerkkiä seuraavassa johdotuksessa on esitetty johdinmerkinnällä siihen liittyvät johtimet (Kuva 21). Johdinmerkinnät kannattaa laittaa kaapeleihin näkyviin, mikäli ne poikkeavat syötön kaapelista.



Kuva 21. Pistorasiaryhmien 16.2 ja 16.3 ryhmämerkit. (Kuvakaappaus asennuspiirustuksen 201-2 PDF-tulosteesta.)

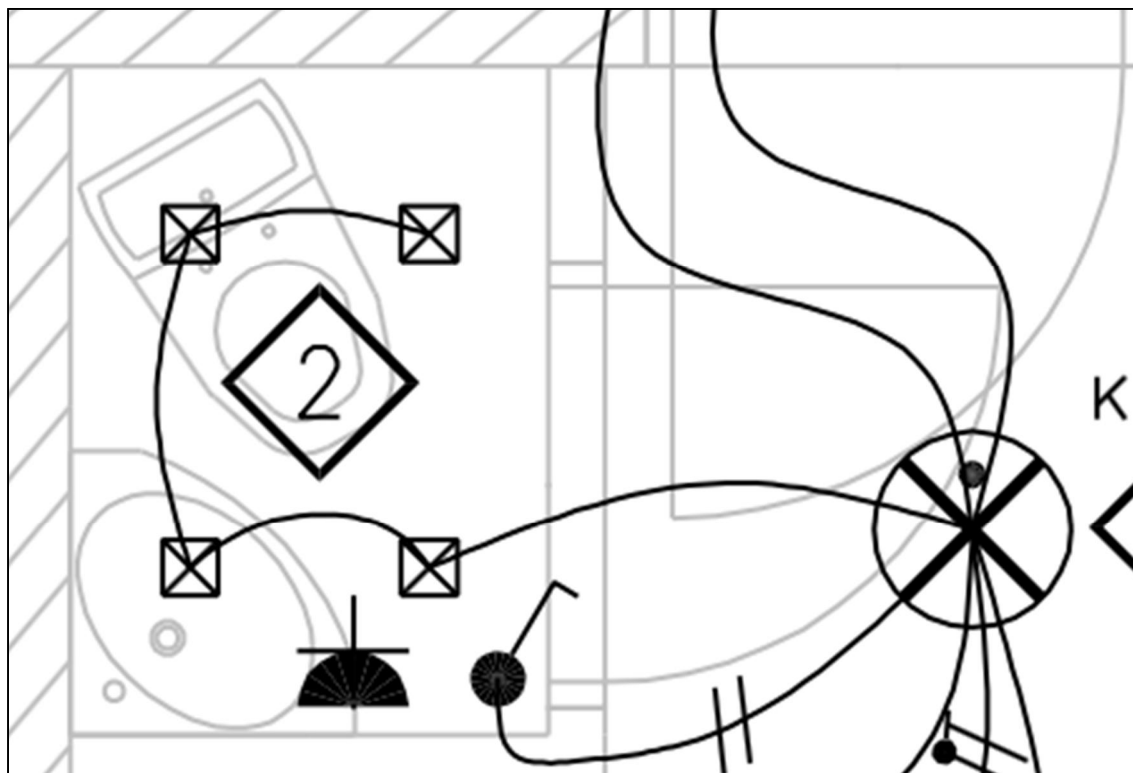


Kuva 22. Johdotukset on tehty riittävän väljästi, jotta piirustuksen ulkoasu pysyy siistinä. (Kuva-kaappaus asennuspiirustuksen 201-1 PDF-tulosteesta.)

4.2 Järjestelmäkohtaisten asennuspiirustusten selkeyttäminen

Asennuspiirustukset pysyvät selkeinä, kun niissä esitetään vain tarvittava määrä tietoa asennusten kannalta. Järjestelmät jotka tulostetaan omille järjestelmäkohtaisille asennuspiirustuksilleen, voivat sisältää tiedon muiden järjestelmien (sähkö)pistesijoittelusta, mutta näiden johdotukset on hyvä esittää vain omissa järjestelmäkohtaisissa piirustuksissa. Keskukset on hyvä esittää jokaisessa piirustuksessa, ja niiden merkitseminen viiteviivalla rakennuksen ulkopuolelle nopeuttaa keskustunnusten löytämistä ja auttaa pitämään keskustun ympäristöt suunnitelmissa selkeinä. Tämä hyöty korostuu etenkin isoissa suunnittelukohteissa.

Valaistusjärjestelmän piirustuksessa voidaan esittää usealle valaisimelle yhteinen valaisinpositiomerkki (Kuva 23), mikäli ei ole vaaraa valaisimien sekaantumiselle alueella sijaitsevien muiden valaisimien kanssa. Valaisimien ja kytkimien kytkentäryhmiä käyttämällä saadaan esitettyä selkeästi, mitä valaisinta kukin kytkin ohjaa (42). Saunan valokuituvalaistuksesta (43) tehtiin oma erillinen tarkennepiirustus mittakaavassa 1:20 esittämään saunan valokuitujen asennuspaikat tavallista asennuspiirustusta 200215-202 tarkemmin.



Kuva 23. Yhteinen valaisinpositiomerkki WC:ssä esittää selkeästi että alueen läheisyydessä olevat valaisimet kuuluvat valaisinpositioon 2. sekoittumatta kuitenkin position 1. Valaisimeen kodinhoitohuoneessa. (Kuvakaappaus asennuspiirustuksen 201-2 PDF-tulosteesta.)

Sähkölämmitysjärjestelmän asennuspiirustuksen pitämiseksi selkeänä, on piirustuksessa esitetty sähkölämmitysjärjestelmän lisäksi vain ryhmä- ja mittauskeskusten sijainnit. Lattialämmityksen esitystapa piirustuksessa voidaan esittää joko tarkasti, jolloin kaapelin johdotussuunta lattialla selviää piirustuksesta. Toinen tapa ilmaista lattialämmityksen asennus on suppeampi, mutta selkeyttää piirustuksen yleisilmettä (44). Jälkimmäisessä tavassa esitetään vain lämmitettävän alueen reunat, ja viiteviivalla ohjelman arvio lämmityskaapelin silmukoiden asennusvälistä. Lattialämmityksen asennustapoja on useita, ja asentajalle tiedoksi piirustukseen voidaan lisätä myös asennustapa viiteviivalla esim. "Lattian betoniraidoituksessa" selventämään, mihin lattiarakenteen

kerrokseen lattialämmityskaapeli asennetaan. Suunnitelmaan on myös lisätty huonekohtaiset lämmitettävän alueen pinta-alat näkyviin, mikä helpottaa sähköurakoitsijaa tarjouslaskentavaiheessa, mikäli tuotteille etsitään vastaavia tuotteita. Tiloissa jossa on seinään asennettava lämmitin, on merkitty lisäksi huoneen tilavuus.

Tietojärjestelmien asennuspiirustuksessa selkeyttä saadaan ylläpidettyä samoilla menetelmillä kuin vahvavirtapiirustuksissa. Koska tietojärjestelmäpiirustuksessa voidaan esittää useita eri tietoteknisiä järjestelmiä, on erittäin tärkeää esittää johdotustieto selkeästi jokaisen erillisen kaapelin osalta. Kuitenkin kaapelin jatkuessa pisteeltä toiselle, ja sen pysyessä samana kuin ryhmän syöttö, voidaan johdotustieto merkitä vain piiriä syöttävän kaapelin osalta.

4.3 Suunnitelmatekniset näkökulmat

Sähkösuunnitelman suunnitelmasisällöllä voidaan vaikuttaa myös paljon asennustyön helppouteen mm. sijoittamalla sähköpisteitä asennusteknisesti helppoihin paikkoihin, kuten rakennuksen väliseiniin. Asennusteknisesti haasteellisempia paikkoja ovat esim. paikalla valettavat betonivaluiset seinät, valmiina paikanpäälle tuotavat betonielementitseinät, rakennuksen ulko- ja tiiliseinät. Betoniseinissä haasteellista on rasioiden ja johdotusten sijoitus oikeille kohdilleen jo alkuvaiheessa rakennusvaihetta, sekä asennuksen staattisuus, siten että muutosten mahdollisuudet ovat jo tehtyyn asennukseen vähäisiä tai suuren työn takana. Ulkoseinissä haasteena on yleensä rakennusvaiheen epätasaisuus, sekä ajoittain nopeakin eteneminen, jolloin sähköasennusten tulisi edetä samaa tahtia kuin ulkoseinän pystytys. Vertailuna todettakoon, että kaapelia tai putkireittiä ei voi asentaa perille asti, jos seinää ei ole koko matkalta olemassa, mutta toisaalta kaapelia tai putkireittiä on vaikeaa asentaa uppoasennuksena seinän sisälle, jos seinä on jo valmis. Tärkeää onkin keskustella rakennusurakoitsijan kanssa aikataulusta ulkoseinien osalta, mikäli suunnitelmassa ulkoseiniin on sähköpisteitä merkitty asennettavaksi. Tiiliseinän haasteena ovat pystysuuntaiset kaapelireitit, joita oikeastaan ei ole tai niiden luomiseksi toinen puoli tiiliseinästä on peitettävä, tai kehitettävä jokin muu ratkaisu.

Helppoja paikkoja asennusteknisesti ovat rakennuksen sisällä olevat väliseinät, joista useimmiten rakennetaan ensin vain toinen puoli, jolloin sähköasennusvaiheeseen jää enemmän aikaa tehdä seinän sisäiset uppoasennukset. Tässä pientalon sähkösuunni-

telmassa on pyritty sijoittamaan sähköpisteitä mahdollisimman paljon väliseinärakenteisiin.

Asennustuotteiden valinnalla voidaan helpottaa asennustyön sujuvuutta valitsemalla kohteeseen mahdollisimman helposti asennettavia tuotteita. Suomessa eräs asennustuotteita valmistava yritys on ABB:n Asennustuotteet-yksikkö, jonka valikoima on yksi Suomen laajimmista sähköasennustarvikkeiden ja -kalusteiden (45) osalta. Yrityksen tuotteita on kehitetty vuosikymmeniä Suomessa, ja asennusystävällisyys-näkökulmia on mietitty tuotteiden osalta. Yksi esimerkki on uppoasennettavien pistorasioiden pika-liittimet, jotka ovat hieman viistossa (Kuva 24), jolloin kytkennän jälkeen tapahtuva paikalleen asennus helpottuu työnnettäessä kojetta upotettuun kojerasiaan. Pistorasioiden suojapeitelevy kiinnittyy yhdellä ruuvilla, jolloin aikaa säästyy asennuksessa. Valittaessa asennustuotteita yhdeltä valmistajalta varmistetaan tuotteiden yhteensopivuus keskenään.



Kuva 24. ABB:n 2 os. uppopistorasia. (Kuva: Jan Blomqwist, 2015)

Liittymiskaapelin, kuten minkä tahansa muun kaapelin, valinnalla voidaan vaikuttaa sen asennuksen helppouteen. Valitsemalla alumiinijohtiminen liittymiskaapeli kuparisen sijaan on kaapeli huomattavasti kevyempi ja mukavampi asentajaa. Keveiden kaapeli-en mukavuus korostuu etenkin, mikäli poikkipinta-alat ovat suuria ja asennusreitit pitkiä ja hankalia, tai ne sisältävät pystysuoria asennusosuuksia. Alumiinijohtiminen liittymiskaapeli on myös kuparista edullisempi. Taulukossa 5 on vertailu kupari- ja alumiinivoi-makaapeli-en massan ja hinnan välillä. Vertailtavien kaapelien poikkipinta-alat ovat eri suuruksia, mutta keskenään toisiaan vastaavan kokoisia, kun huomioidaan johdinmate-riaalien sähkönjohtavuus.

Taulukko 5. Vertailu alumiini- ja kuparikaapelien välillä. (Kaapelin massatiedot (46): Prysmian Group, hintatiedot (47): Rexel Finland Oy 28.3.2015)

Kaapeli	Massa [kg/m]	Hinta, alv. 0 % [€/m]
AXMK 4x25	0,5	0,68
MCMK 3x16+16	1,0	2,59

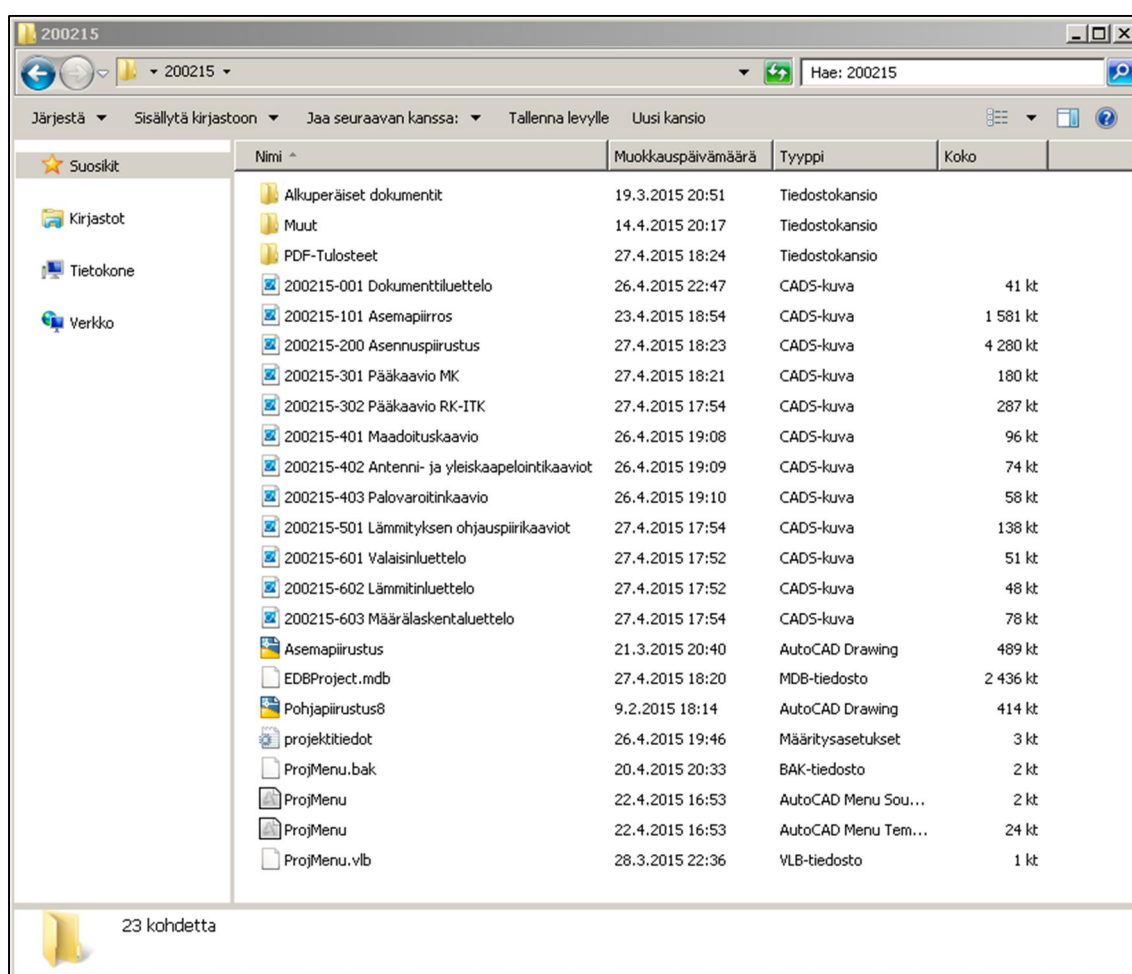
4.4 Tietomallipohjaisen suunnittelun edut

Tietomallipohjainen suunnittelu on voimakkaassa kasvussa tätä opinnäytetyötä kirjoitettaessa. Suurimmat suunnittelutoimistot tekevät suunnitelmansa ainakin osin 3D-suunnitelmina esim. valaisimet, keskukset ja johtotiet mallinnetaan, mutta muita ei. 3D-suunnitelmien laajuus riippuu suunnitelman kohteesta ja tilaajasta. Kun sähkösuunnitelma tehdään tietomallipohjaisesti, avautuu lisämahdollisuuksia hyödyntää suunnitelmaa tehokkaasti esim. urakkalaskennassa sähköisen määrälaskennan avulla. Lisäksi suunnitelman tarkastelu 3D-mallinettuna onnistuu, mikäli tuotteille on määritetty 3D-symbolit ja suunnitteluohjelma tukee suunnitelman vientiä 3D-mallinnokseen. Urakkalaskentavaihetta nopeuttaa valmis lista suunnitelman tuotteista ja kaapeleista.

Tätä suunnitelmaa varten tehtiin sähköinen määrälaskenta suunnitelman tuotteista ja kaapeleista lajiteltuna järjestelmäkohtaisesti. Määrälista työmaalla voi nopeuttaa myös karkimiehen tehtäviä. Kun tuotteita tilataan työmaalle, on niiden tilaaminen nopeaa, kun tuotteet on listattu sähkönumeroineen selkeäksi listaksi.

5 Yhteenveto

Opinnäytetyössä syntyi sähkösuunnitelmaan sisältyvät tärkeimmät dokumentit. Kaikki suunnitelmaan dokumentit löytyvät kokonaisuudessaan tämän opinnäytetyön liitteistä dokumenttiluettelon mukaisessa järjestyksessä. Kuvassa 25 on suunnitteluprojektin työkansio projektin loppuvaiheelta. Haastetta opinnäytetyössä loi etenkin pientalon kuvitteellisuus, jolloin kaikkien tuotteiden valinta jäi itseni tehtäväksi, mutta kuvitteellisuus antoi myös enemmän valinnanvaraa tuotteiden osalta, kun tuotevalintaprosessissa ei ollut vastapuolta, jonka hyväksyntää kaikki tuotteet olisivat vaatineet.



Kuva 25. Projektikansio projektin loppuvaiheelta. (Kuvakaappaus projektikansiosta.)

Pientalojen sähkösuunnittelu on usein monipuolinen suunnittelukohde, jossa suunnittelijalta vaaditaan osaamista jokaisen suunnitelman osan alueelta. Yksi ja sama suunnittelija hoitaa yleensä piensuunnitteluprojektin alusta loppuun, ja suunniteltavia kohteita

voi olla samanaikaisesti muutamia. Selkeintä olisi hoitaa projekti kerrallaan sekaannusten välttämiseksi.

Opinnäytetyö oli mielenkiintoinen suunnittelukokemus, joka opetti ennen kaikkea tiedonhakua sähkösuunnittelun osalta. Todettakoon, että vähäisellä suunniteltukokemuksella lopputulosta joutuu hiomaan pitkään, jotta suunnitelmassa olisi mahdollisimman vähän virheitä. Vaikka tällä opinnäytetyöllä ei ollut taustalla yritystä tilaajana, se opetti paljon kokonaisvaltaista suunnittelua. Useiden virheiden ja niiden korjaamisten kautta opittiin kiinnittämään huomiota pieniin asioihin, joilla on vaikutusta lopputuloksen pitämiseksi selkeänä.

Kokonaisvaltaisen suunnitteluprojektin hoitamien itse alusta loppuun on erittäin hyvä oppimiskokemus. Opintojaksoihin sidotuissa suunnitteluprojekteissa usean henkilön läsnäolo useimmiten tekee suunnittelutyöstä haasteellista, sillä töiden jakaminen pienissä projekteissa on hankalaa ja vaikea toteuttaa niin, että jokaisella ryhmän jäsenellä olisi tasavertainen mahdollisuus osallistua suunnittelutyöhön.

Lähteet

1. Tietokoneavusteinen suunnittelu, Internet-tietosanakirja, Wikipedia. http://fi.wikipedia.org/wiki/Tietokoneavusteinen_suunnittelu, Luettu 17.3.2015.
2. Severi, Internet-tietokanta, Sähköinfo. <http://severi.sahkoinfo.fi/>, Luettu 17.3.2015.
3. PDF, Internet-tietosanakirja, Wikipedia. <http://fi.wikipedia.org/wiki/PDF>, Luettu 12.4.2015.
4. PEX, Internet-tietosanakirja, Wikipedia. <http://fi.wikipedia.org/wiki/PEX>, Luettu 17.3.2015.
5. Kaapelien merkintätavat, Internet-tietosanakirja, Wikipedia. http://fi.wikipedia.org/wiki/Kaapeleiden_merkint%C3%A4tavat, Luettu 12.4.2015.
6. LVI, Internet-tietosanakirja, Wikipedia. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Talotekniikka>, Luettu 14.4.2015.
7. SFS-Käsikirja 600-1. Sähköasennukset. Osa 1: SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset. 2012. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS.
8. Jarno Nurmion CADS Planner Electric –video: Projektin Aloitus. 2014.
9. ST 13.29, Piirustusnumeroiden muodostaminen sekä piirustus- ja asiakirjaluettelon laatiminen S2010-nimikkeistön pohjalta. 2014. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo.
10. Jarno Nurmion CADS Planner Electric –video: Mallipohja Asennuspiirustukseen. 2014.
11. Jarno Nurmion CADS Planner Electric –video: Uusi Käyttäen Mallipohjaa. 2014.
12. Enston keskukset, valaisimet, lämmityskaapelit, Internet-kuvasto, Ensto Finland Oy. <http://www.ensto.com/fi>, Luettu 20.3.2015.
13. Alppilux valaisimet, Internet-kuvasto, Alppilux Oy. <http://www.alppilux.fi/fi>, Luettu 20.3.2015.
14. Cariitin valaisimet, Internet-kuvasto, Cariitti Oy. <http://www.cariitti.fi/>, Luettu 20.3.2015.

15. Fagerhult valaisimet, Internet-kuvasto, Fagerhult Oy.
<http://www.fagerhult.com/fi/>, Luettu 20.3.2015.
16. Jarno Nurmion CADS Planner Electric –video: Todelliset tuotteet suunnittelussa. 2014.
17. Jarno Nurmion CADS Planner Electric –video: Piirustusluettelon luonti. 2014.
18. ST 13.28, Yleisohjeita sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien dokumentoinnista. 2009. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo.
19. ST 13.31, Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen. 2001. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo.
20. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista, D1-2012. 2013. Espoo: STUL ry.
21. Jarno Nurmion CADS Planner Electric –video: Keskukset asemapiirustukseen. 2014.
22. ST 70.12, S2010-Sähkönimikkeistö. 2012. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo.
23. Jarno Nurmion CADS Planner Electric –video: Järjestelmätasopiirustusten luonti. 2014.
24. ST Esimerkit 5, Esimerkkipiirustukset, asuintalo. 2005. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo.
25. ST-Käsikirja 30, Sähkötekniisiä taulukoita. 2014. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo.
26. ST-Käsikirja 34, Hyvä asennustapa sähkö- ja teletöissä. 2009. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo.
27. Tulkintoja asennuskysymyksiin. 2010. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo.
28. ST 51.22, Kytkimien, pistorasioiden yms. sijoitus. 2013. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo.
29. Pientalon lämmitysjärjestelmät, PDF-tiedosto, Motiva Oy. <http://www.motiva.fi/>, Luettu 18.3.2015.
30. Ensto, Sähkölämmitysratkaisut, PDF-tiedosto, Ensto Finland Oy.
<http://www.ensto.com/>, Luettu 22.3.2015.
31. ST 622.50, Palovaroittimet 2009. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo.

32. ST Ohjeisto 3, Tiedonsiirtokaapelien valinta. 2010. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo.
33. ST 681.11, Asuinkiinteistöjen yleiskaapelointijärjestelmät. Suunnitteluohje. 2014. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo.
34. Jarno Nurmion CADS Planner Electric –video: Järjestelmäkaavion piirto. 2014.
35. Jarno Nurmion CADS Planner Electric –video: Pääkaavion luominen tietokannasta. 2014.
36. Jarno Nurmion CADS Planner Electric –video: Maadoituskaavion piirto. 2014.
37. ST 53.21, Rakennusten sähköasennusten maadoitukset ja potentiaalintasaukset. 2012. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo.
38. Jarno Nurmion CADS Planner Electric –video: Valaisinluettelon luonti tietokannasta. 2014.
39. Jarno Nurmion CADS Planner Electric –video: Sähköinen määrälaskenta. 2014.
40. Jarno Nurmion CADS Planner Electric –video: Tulostustoiminnot ja asetukset. 2014.
41. Jarno Nurmio. 2014. Asuinrakennuksen kaapelointi ja ryhmittely-diaesitys.
42. Jarno Nurmion CADS Planner Electric –video: KytKentäryhmät valaisimiin ja kytkimiin. 2014.
43. Jarno Nurmion CADS Planner Electric –video: Saunan valokuitu. 2014.
44. Jarno Nurmion CADS Planner Electric –video: Sähköisen lattialämmityksen piirto. 2014.
45. ABB Asennustuotteet, Internet-kuvasto, ABB Oy.
<http://www.asennustuotteet.fi/catalog/>, Luettu 20.3.2015.
46. Voimakaapelit, Internet-kuvasto, Prysmian Group.
<http://fi.prysmiangroup.com/en/index.html>, Luettu 28.3.2015.
47. Kaapelien hintatiedot, Internet-kuvasto, Rexel Finland Oy. <http://e-catalog.rexel.fi/>, Luettu 28.3.2015.

			PIIRUSTUSNUMERO		NIMITYS		LEHTI/ LEHTIÄ	MUUTOS		LIITE 1. HUOM.	
								REV.	PVM.		
D muutos E muutos F muutos			200215–001		DOKUMENTTILUETTELO		1		21.4.2015		
			200215–003		LIITTYMÄN MITOITUS JA SÄHKÖTEKNISET LASKELMAT		3		21.4.2015		
			200215–101		ASEMAPIIRROS, SÄHKÖPISTEET JA –JOHDOTUKSET		1		21.4.2015		
			200215–201–1		ASENNUSPIIRUSTUS, VAHVAVIRTAPISTEET JA –JOHDOTUKSET		1		21.4.2015		
			200215–201–2		ASENNUSPIIRUSTUS, VALAISTUSPISTEET JA –JOHDOTUKSET		1		21.4.2015		
			200215–201–2–2		ASENNUSPIIRUSTUS, SAUNAN VALOKUITUPIIRROS		1		21.4.2015		
			200215–201–3		ASENNUSPIIRUSTUS, SÄHKÖLÄMMITYSPISTEET JA –JOHDOTUKSET		1		21.4.2015		
			200215–201–4		ASENNUSPIIRUSTUS, TIETOTEKNISET JÄRJESTELMÄT		1		21.4.2015		
			200215–301		PÄÄKAAVIO, MITTAUSKESKUS MK		2		21.4.2015		
			200215–302		PÄÄKAAVIO, RK/ITK		5		21.4.2015		
			200215–401		MAADOITUSKAAVIO		1		21.4.2015		
			200215–402		ANTENNI– JA YLEISKAPELOINTIJÄRJESTELMÄKAAVIOT		1		21.4.2015		
			200215–403		PALOVAIROITINJÄRJESTELMÄKAAVIO		1		21.4.2015		
			200215–501		LÄMMITYKSEN OHJAUSPIIRIKAAVIOT		1		21.4.2015		
			200215–601		VALAISINLUETTELO		1		21.4.2015		
			200215–602		LÄMMITINLUETTELO		1		21.4.2015		
			200215–603		MÄÄRÄLASKENTALUETTELO		3		21.4.2015		

200215-003 Liittymän mitoitus & sähkötekn. laskelmat

Liittymän huipputeho:

$$P_{HMAX} = 7,5 + \frac{64 * A_{LÄM}}{1000} = 7,5 + \frac{64 * 125 \text{ m}^2}{1000} = 15,5 \text{ kW}$$

jossa,

$A_{LÄM}$ = Lämmitetty pinta-ala [m^2], esitietona 125 m^2

P_{HMAX} = Arvioitu huipputeho [kW]

Liittymän valinta:

Sähköliittymän valinta huipputehoa vastaavan huippuvirran perusteella,

$$I_{MAX} = \frac{P_{HMAX}}{\sqrt{3} * U_P * \cos \varphi} = \frac{15,5 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V} * 0,96} = 23,3 \text{ A}$$

jossa,

U_P = 400 V, verkon pääjännite

$\cos \varphi$ = 0,96, tehokerroin sähkölämmitteiselle talolle.

Liittymäkooksi seuraava mahdollinen liittymäkoko; 3x25 A.

Liittymisjohdon valinta:

Liittymisjohdon asennus maahan, syvyys -700 mm maanpinnasta. Asennustapa D. Kaapeliojassa vain yksi liittymiskaapeli. Lämpötila ilmassa +25 °C, maassa +15 °C.

Kulutuksen kasvu huomioitu kertomalla huipputeho 1,3:lla.

$$P_{HMIT} = P_{HMAX} * 1,3 = 20,15 \text{ kW}$$

Kaapelin mitoitusvirta:

$$I_{MIT} = \frac{P_{HMAX}}{\sqrt{3} * U_P * \cos \varphi} = \frac{20,15 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V} * 0,96} = 30,3 \text{ A}$$

Valittiin kaapelin tyyppi AXMK 4x25 S jakeluverkkoyhtiön ohjeistuksen mukaan.

Liittymäkaapelin kuormitettavuus:

Kaapelin mitoitusvirta on 30,3 A, ja sitä seuraava liittymäkoko 3x35 A.

3x35 A sulakkeiden asettama alin kuormitettavuuden arvo johdolle on 39 A. Liittymäkaapelin ylin kuormitettavuuden arvo on 78 A. Kuormitettavuuden puolesta OK.

Oikosulkuvirtalaskelmat:

Jakeluverkkoyhtiön ilmoittama oikosulkuvirta liittymäkohdassa 600 A:a , ja alin vaadittu arvo 250 A.

Syöttävän verkon impedanssi:

$$Z_k = \frac{c * U_P}{\sqrt{3} * I_k} = \frac{0,95 * 400 \text{ V}}{\sqrt{3} * 600 \text{ A}} = 0,36566 \Omega$$

$U_P =$ 400 V, verkon pääjännite

$c =$ 0,95, jännitteenalenemaa kuvaava kerroin

$I_k =$ 600 A, verkon oikosulkuvirta liittymispisteessä

Liittymisjohdon impedanssi:

$$Z_{LJ} = l * 2Z_{\frac{LJ}{KM}} = 0,030 \text{ km} * 2 \left(1,492 \frac{\Omega}{\text{km}} \right) = 0,08952 \Omega$$

Oikosulkuimpedanssi mittauskeskuksella:

$$Z_{kMK} = Z_k + Z_{LJ} = 0,36566 \Omega + 0,08952 \Omega = 0,45518 \Omega$$

Oikosulkuvirta mittauskeskuksella:

$$I_{kMK} = \frac{c * U_P}{\sqrt{3} * Z_{kMK}} = \frac{0,95 * 400 \text{ V}}{\sqrt{3} * 0,45518 \Omega} = 482 \text{ A}$$

Oikosulkuvirta mittauskeskuksella on riittävä. 482 A > 250 A.

Nousujohdon impedanssi:

$$Z_{NJ} = l * 2Z_{\frac{NJ}{KM}} = 0,017 \text{ km} * 2 \left(2,246 \frac{\Omega}{\text{km}} \right) = 0,07636 \Omega$$

Oikosulkuimpedanssi ryhmäkeskuksella:

$$Z_{kRK} = Z_k + Z_{LJ} + Z_{NJ} = 0,36566 \, \Omega + 0,08952 \, \Omega + 0,07636 \, \Omega = 0,53154 \, \Omega$$

Oikosulkuvirta ryhmäkeskuksella:

$$I_{kRK} = \frac{c * U_p}{\sqrt{3} * Z_{kRK}} = \frac{0,95 * 400 \, \text{V}}{\sqrt{3} * 0,53154 \, \Omega} = 413 \, \text{A}$$

Oikosulkuvirta ryhmäkeskuksella on riittävä. Automaattiselle poiskytkennälle C-tyypin johdonsuojakatkaisijalle 25 A:n nimellisvirralla edellytetään 250 A:n oikosulkuvirtaa johdon päässä oikosulkusuojauksen riittävän nopean toiminnan takaamiseksi.

Pisimmän pistorasiaryhmäjohdon impedanssi:

$$Z_{RJ} = l * 2Z_{\frac{RJ}{KM}} = 0,040 \, \text{km} * 2 \left(8,770 \frac{\Omega}{\text{km}} \right) = 0,70160 \, \Omega$$

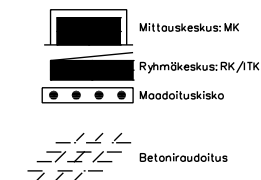
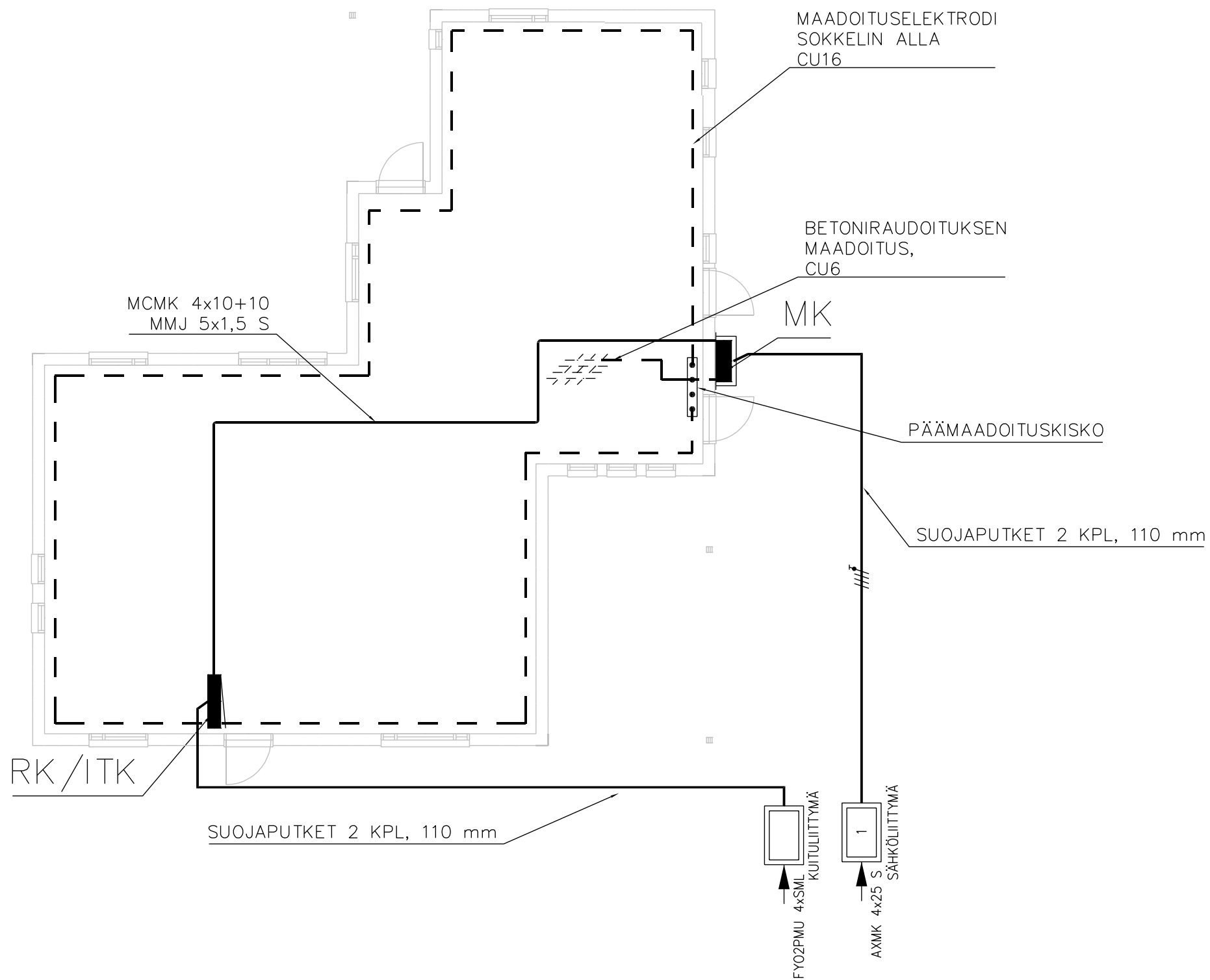
Oikosulkuimpedanssi kauimmaisessa pistorasiassa:

$$\begin{aligned} Z_{kPR} &= Z_k + Z_{LJ} + Z_{NJ} + Z_{RJ} \\ &= 0,36566 \, \Omega + 0,08952 \, \Omega + 0,07636 \, \Omega + 0,70160 = 1,23314 \, \Omega \end{aligned}$$

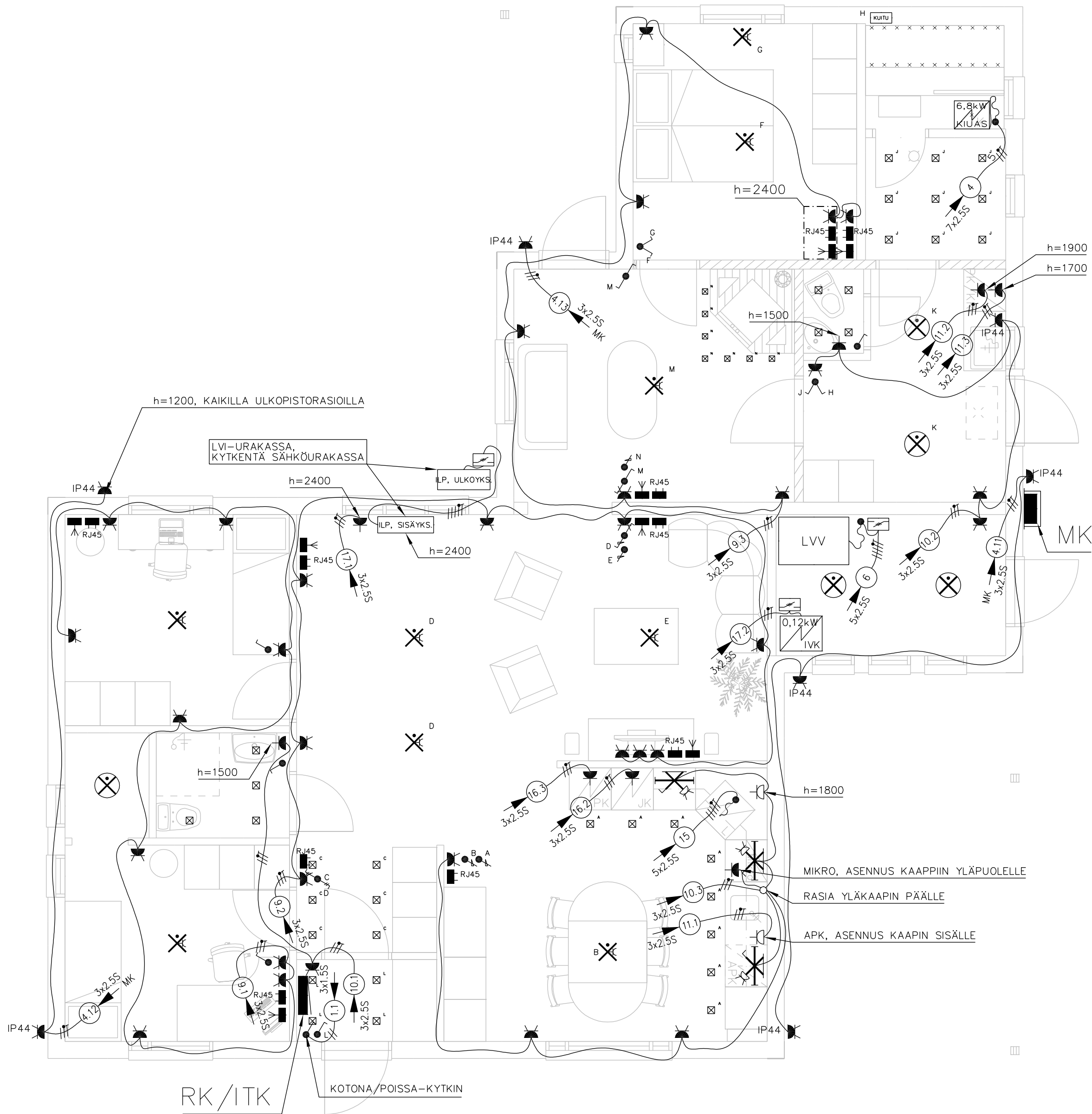
Oikosulkuvirta kauimmaisessa pistorasiassa:

$$I_{kPR} = \frac{c * U_p}{\sqrt{3} * Z_{kPR}} = \frac{0,95 * 400 \, \text{V}}{\sqrt{3} * 1,23314 \, \Omega} = 178 \, \text{A}$$

Oikosulkuvirta riittävän suuri, koska $178 \, \text{A} > 160 \, \text{A}$, joka on alin vaadittu oikosulkuvirran arvo C16-tyypin johdonsuojakatkaisijalle.

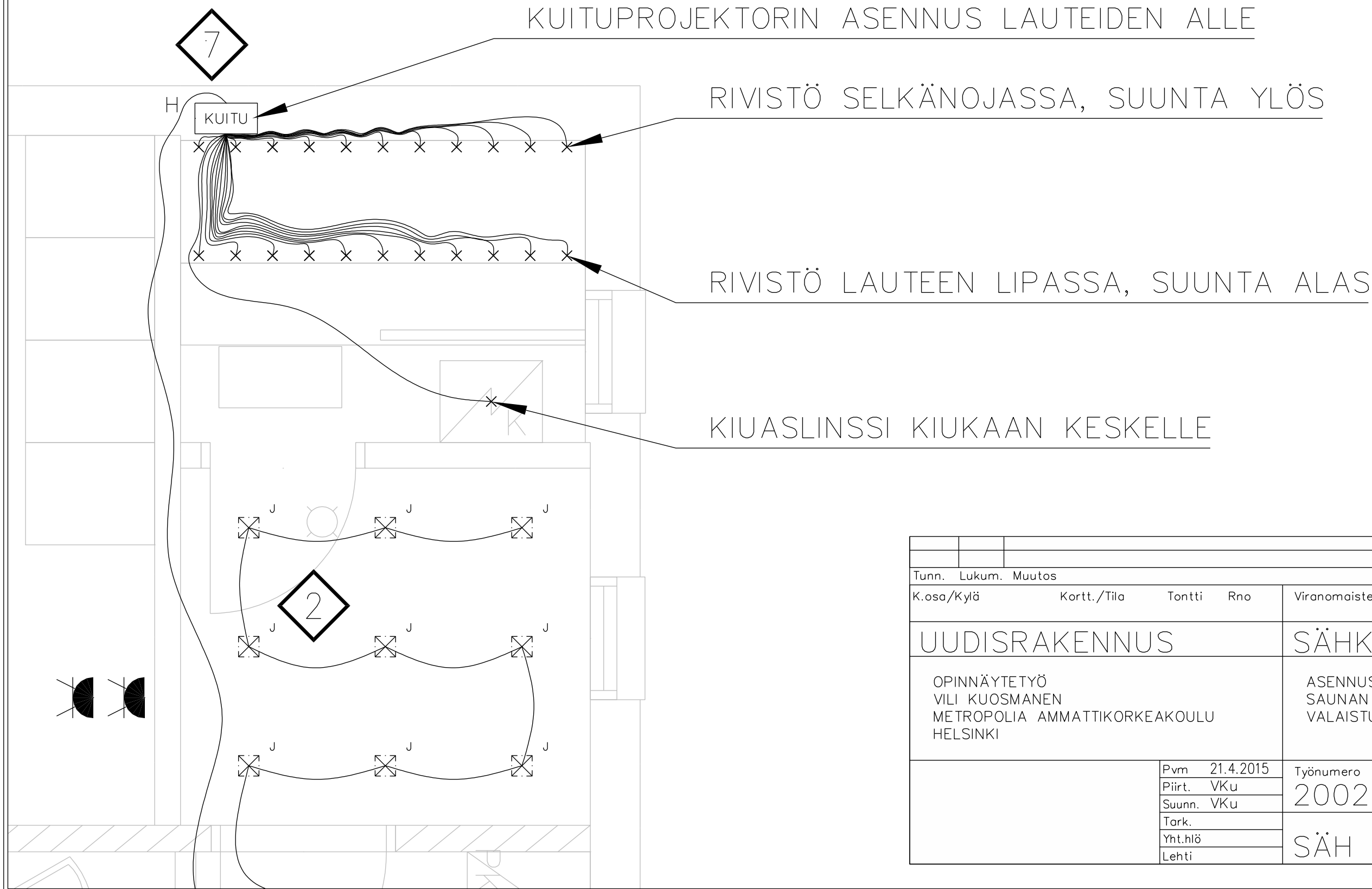
[illegible]

- Mittauskeskus: MK
- Ryhmäkeskus: RK/ITK
- Kytin, 1-napainen, uppo
- Kiuas
- Ilmalämpöpumpun kompressor
- Lämm-vesivaraaja
- Ilmalämpöpumpun konvektori
- Turvakytkin, 3-napainen
- Ilmvanvaihdonkone
- Pistorasia, 1-os., suojakosketin, pinta
- Pistorasia, 1-os., suojakosketin, uppo
- Pistorasia, 2-os., suojakosketin, uppo
- IP44 Pistorasia, 2-os., IP44, uppo
- IP44 Pistorasia, 1-os., IP44, uppo

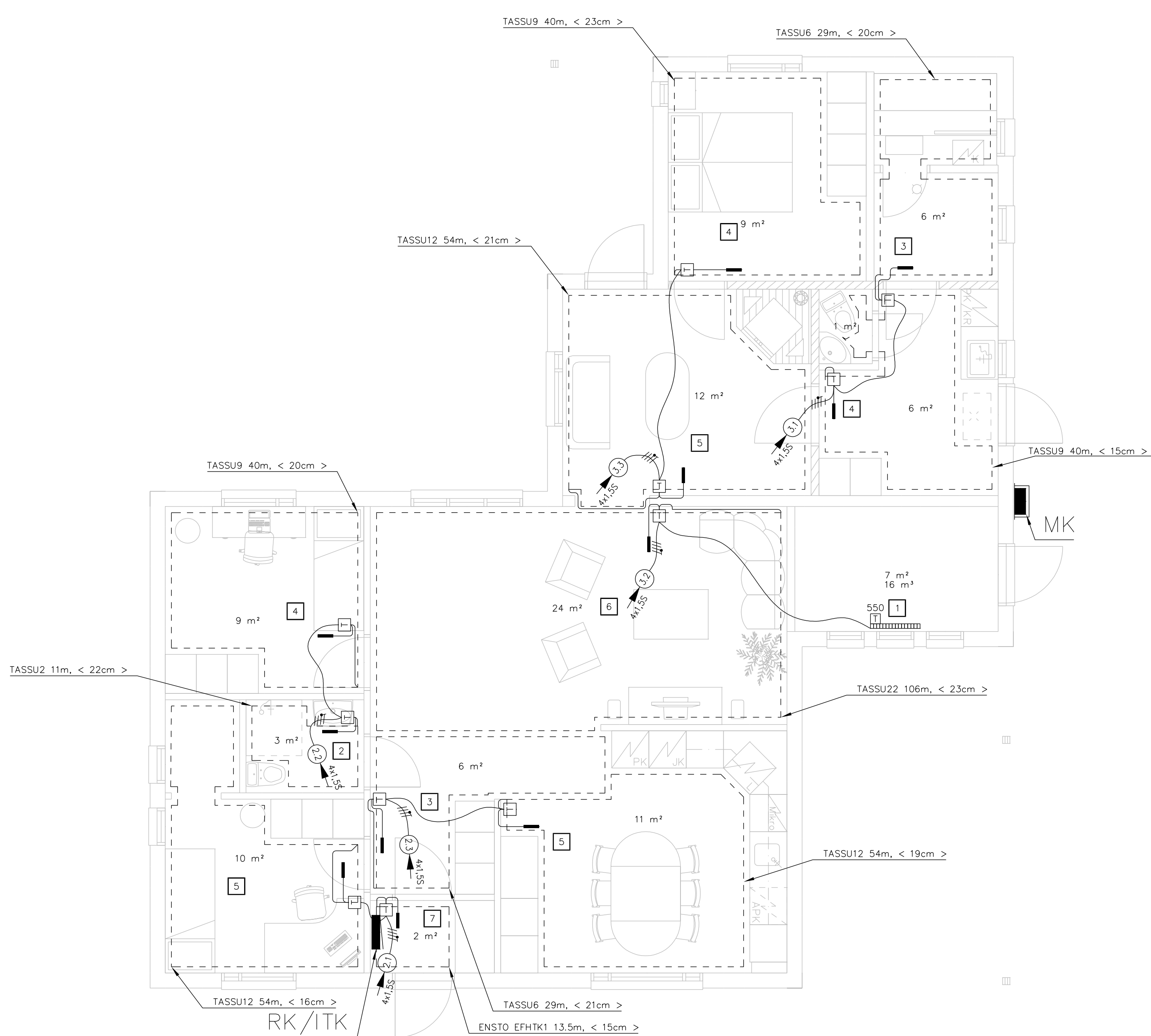


Tunn. Lukum. Muutos				Nimim. Pvm	
K.osa/Kylä		Kortt./Tila	Tontti	Rno	Viranomaisten merkintä
UUDISRAKENNUS				SÄHKÖPIIRUSTUS	
OPINNÄYTETYÖ VILI KUOSMANEN METROPOLIA AMMATTIKORKEAKOULU HELSINKI				ASENNUSPIIRUSTUS	
				VAHVAVIRTAPISTEET JA –JOHDOTUKSET	
		Pvm	21.4.2015	Työnumero	
		Piirt.	VKu	200215	
		Suunn.	VKu		
		Tark.			
		Yht.hlö			
		Lehti			
SÄH				201-1	

□ Kuituprojektori
X Kuituvalopiste



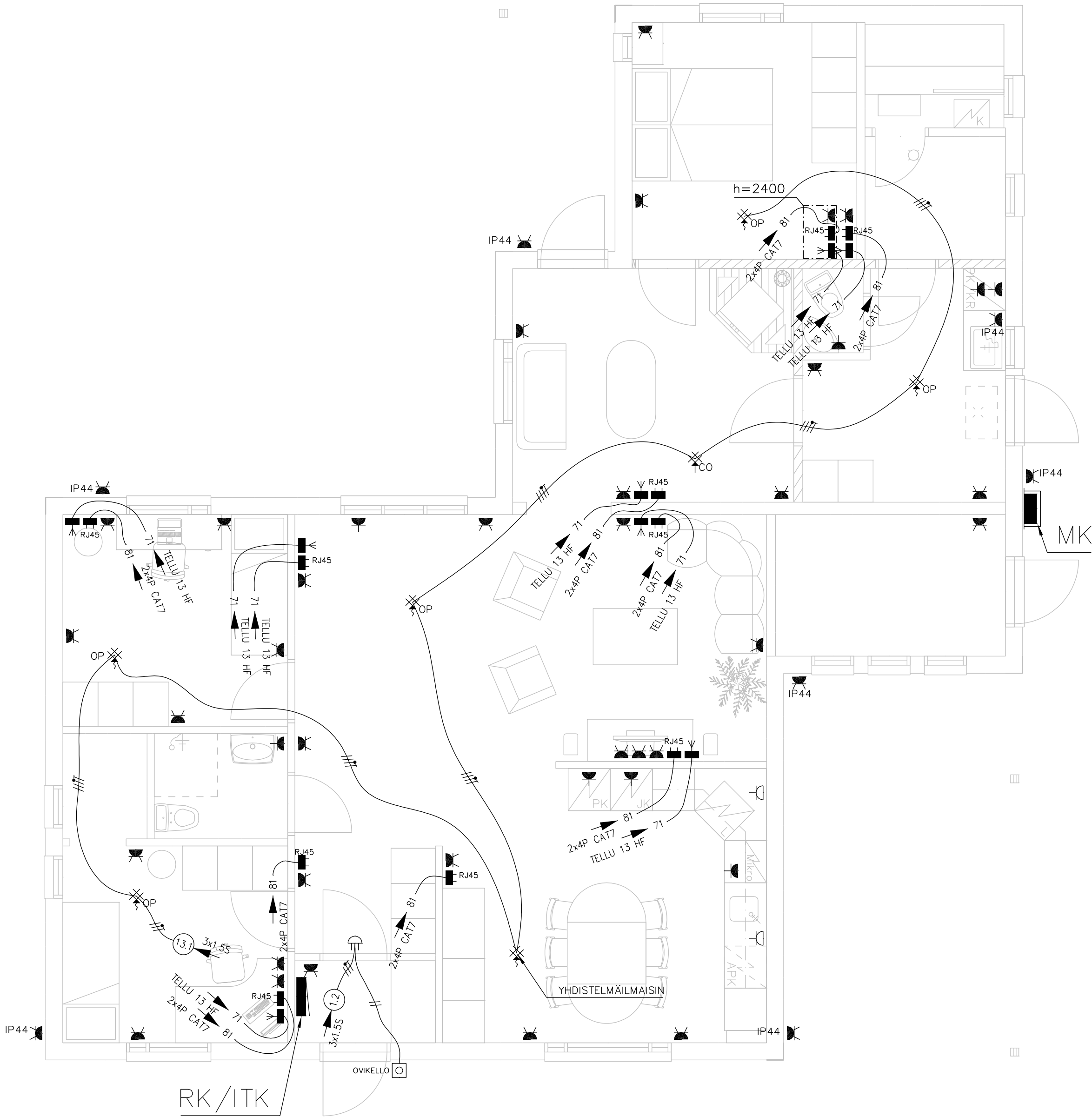
Tunn.	Lukum.	Muutos		Nimim. Pvm	
K.osa/Kylä		Kortt./Tila	Tontti	Rno	Viranomaisten merkintöjä
UUDISRAKENNUS					SÄHKÖPIIRUSTUS
OPINNÄYTETYÖ VILI KUOSMANEN METROPOLIA AMMATTIKORKEAKOULU HELSINKI					ASENNUSPIIRUSTUS SAUNAN VALOKUITUPIIRROS VALAISTUSPISTEET JA –JOHDOTUKSET MK: 1: 20
			Pvm	21.4.2015	Työnumero
			Piirt.	VKu	200215
			Suunn.	VKu	
			Tark.		SÄH 202-2-2
			Yht.hlö		
			Lehti		
				Piirustusnumero	Muutos



Termostaatin anturi
T Termostaatti, h=1400
Lämmitin 550 W

Tunn. Lukum. Muutos								Nimim. Pvm	
K.osa/Kylä		Kortt./Tila		Tontti Rno		Viranomaisten merkintöjä			
UUDISRAKENNUS						SÄHKÖPIIRUSTUS			
OPINNÄYTETYÖ VILI KUOSMANEN METROPOLIA AMMATTIKORKEAKOULU HELSINKI						ASENNUSPIIRUSTUS			MK: 1:50
						SÄHKÖLÄMMITYSPISTEET JA –JOHDOTUKSET			
				Pvm 21.4.2015		Työnumero		Tilaaajan numero	
				Piirt. VKu		200215			
				Suunn. VKu					
				Tark.		Piirustusnumero		Muutos	
				Yht.hiö		SÄH 201–3			
				Lehti					

- Antennipistorasia, uppo
- RJ45 Telepistorasia, uppo
- Soittokello
- xx Ovikellon painike, pinta
- Liekki-ilmais
- OP Optinen savuilmais



Tunn. Lukum. Muutos				Nimim. Pvm	
K.osa/Kylä		Kortt./Tila	Tontti	Rno	Viranomaisten merkintäjä
UUDISRAKENNUS				SÄHKÖPIIRUSTUS	
OPINNÄYTETYÖ VILI KUOSMANEN METROPOLIA AMMATTIKORKEAKOULU HELSINKI				ASENNUSPIIRUSTUS	
				TETOTEKNISET JÄRJESTELMÄT	
				Työnumero	
				Tilaaajan numero	
				200215	
				Pvm 21.4.2015	
				Piirt. VKu	
				Suunn. VKu	
				Tark.	
				Yht.hlö	
				Lehti	
				SÄH	
				201-4	
				Muutos	

A muutos

B muutos

C muutos

D muutos

E muutos

F muutos

SÄHKÖTEKNISET TIEDOT :

1. NIMELLISJÄNNITE / –VIRTA / –TAAJUUS

400 V 50 A 50 Hz

2. TERMINEN OIKOSULKUKESTOISUUS

— kA

3. TASATTU– / ASENNETTU TEHO / COSFII

— kW — kW — cosfii

4. OHJAUSJÄNNITEKISKOT

☒ EI ☐ ON JÄNNITE —V VIRTA —A

5. AC–KISKOT TAI JOHTIMET

☐ L1,N ☐ L1,N,PE ☐ L1,L2,L3,N☒ L1,L2,L3,N,PE

RAKENNETIEDOT :

1. KESKUSLAJI

☐ KENNO ☒ KOTELO ☐ KEHIKKO

2. ASENNUSTAPA

☒ PINTA ☐ UPPO KOTEL. LUOKKA IP 34

3. KIINNITYS

☐ LATTIA ☒ SEINÄ

4. OVILAITE

☐ LUKKO ☒ SALPA

5. LATT.SEIS.KESK. POHJALEVYT

☐ AVOIN ☐ PALONKESTÄVÄ

6. MAALAU

☒ VAKIO ☐ ERIKOIS

7. MITAT

KORKEUS : 870 LEV. : 420 SYV. : 180

KALUSTUSTIEDOT :

1. KALUSTUSTYYPPI

☒ KIIITEÄ ☐ ULOSV. ☐ ULOSOT.

2. KALUSTUSTAPA

☐ YKSIKKÖ ☒ KESKITETTY

3. MERKKILAMPUT

☐ HEHKU ☐ HOHTO ☒ LEDI

4. MITTAUKSEN TOIMITTAJA

☒ SÄHKÖLAITOS ☐ VALMISTAJA

KAAPELOINTI :

1. SYÖTTÖKAAPELI

☐ YLHÄÄLTÄ ☒ ALHAALTA

2. PÄÄKAAPELIT

☐ YLHÄÄLTÄ ☒ ALHAALTA ☒ KOJEISIIN ☐ RIVIL.

3. OHJAUSKAAPELIT

☐ YLHÄÄLTÄ ☒ ALHAALTA ☒ KOJEISIIN ☐ RIVIL.

TUNNUSMERKINNÄT :

1. TUNNUSKILVET

☒ VALM.NORM. ☐ ERILL.OHJE

2. KOJEMERKINNÄT

☒ JUOKSEVA ☐ KENNOKOHT. ☐ ERILL.OHJE

MUUT TIEDOT :

LIITE 9.

1 (2)

OPINNÄYTETYÖ

VILI KUOSMANEN

METROPOLIA AMK

PÄÄKAAVIO

MITTAUSKESKUS MK

Suunn.
VKu /21.4.2015

Piirt.
VKu

Tark.

Kokonaisuus

Lehti
1 / 2

Sähköpositio
MK

Piirustusnumero

Työnumero
200215

SÄH 301

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
A	KESKUS							RYHMÄ	OSOITE							TUNNUS	JOHDOTUS	kVA/kW	A / A	HUOM ² (2)							
B																											
C																											
D								1	PÄÄKYTKIN 50 A YLIJÄNNITESUOJA							LIITTYMÄ	AXMK 4x25 S		25/63								
E																											
F																											
G																											
H								2	Ryhmäkeskus							RK/ITK	MCMK 4x10+10										
J																											
K								3	Pistorasiat							Keskuksessa			C16								
L																											
M									4.1	Pistorasiat							Ulkoseinillä			C16							
N									4.11	Pistorasiat							Itäseinä & julkisivu	MMJ 3x2.5 S									
O									4.12	Pistorasiat							Länsiseinä & takap.	MMJ 3x2.5 S									
P									4.13	Pistorasia							Takapihan ovella	MMJ 3x2.5 S									
R																											
S																											

A muutos

B muutos

C muutos

D muutos

E muutos

F muutos

SÄHKÖTEKNISET TIEDOT :

1. NIMELLISJÄNNITE / –VIRTA / –TAAJUUS

400 V50 A50 Hz

2. TERMINEN OIKOSULKUKESTOISUUS

— kA

3. TASATTU– / ASENNETTU TEHO / COSFII

— kW— kW— cosfii

4. OHJAUSJÄNNITEKISKOT

☒ EI☐ ONJÄNNITE —V VIRTA —A

5. AC–KISKOT TAI JOHTIMET

☐ L1,N☐ L1,N,PE☐ L1,L2,L3,N☒ L1,L2,L3,N,PE

RAKENNETIEDOT :

1. KESKUSLAJI

☐ KENNO☒ KOTELO☐ KEHIKKO

2. ASENNUSTAPA

☐ PINTA☒ UPPOKOTEL. LUOKKA IP 21

3. KIINNITYS

☐ LATTIA☒ SEINÄ

4. OVILAITE

☐ LUKKO☒ SALPA

5. LATT.SEIS.KESK. POHJALEVYT

☐ AVOIN☐ PALONKESTÄVÄ

6. MAALAU

☒ VAKIO☐ ERIKOIS

7. MITAT

KORKEUS : 1100LEV. : 545SYV. : 130

KALUSTUSTIEDOT :

1. KALUSTUSTYYPPI

☒ KIIITEÄ☐ ULOSV.☐ ULOSOT.

2. KALUSTUSTAPA

☐ YKSIKKÖ☒ KESKITETTY

3. MERKKILAMPUT

☐ HEHKU☐ HOHTO☒ LEDI

4. MITTAUKSEN TOIMITTAJA

☒ SÄHKÖLAITOS☐ VALMISTAJA

KAAPELOINTI :

1. SYÖTTÖKAAPELI

☒ YLHÄÄLTÄ☐ ALHAALTA

2. PÄÄKAAPELIT

☒ YLHÄÄLTÄ☐ ALHAALTA☐ KOJEISIIN☒ RIVIL.

3. OHJAUSKAAPELIT

☐ YLHÄÄLTÄ☐ ALHAALTA☐ KOJEISIIN☒ RIVIL.

TUNNUSMERKINNÄT :

1. TUNNUSKILVET

☒ VALM.NORM.☐ ERILL.OHJE

2. KOJEMERKINNÄT

☒ JUOKSEVA☐ KENNOKOHT.☐ ERILL.OHJE

MUUT TIEDOT :

LIITE 10.1 (5)

OPINNÄYTETYÖ
VILI KUOSMANEN
METROPOLIA AMK

PÄÄKAAVIO
RK/ITK

Suunn.
Vku /21.4.2015

Piirt.
Vku

Tark.

Kokonaisuus

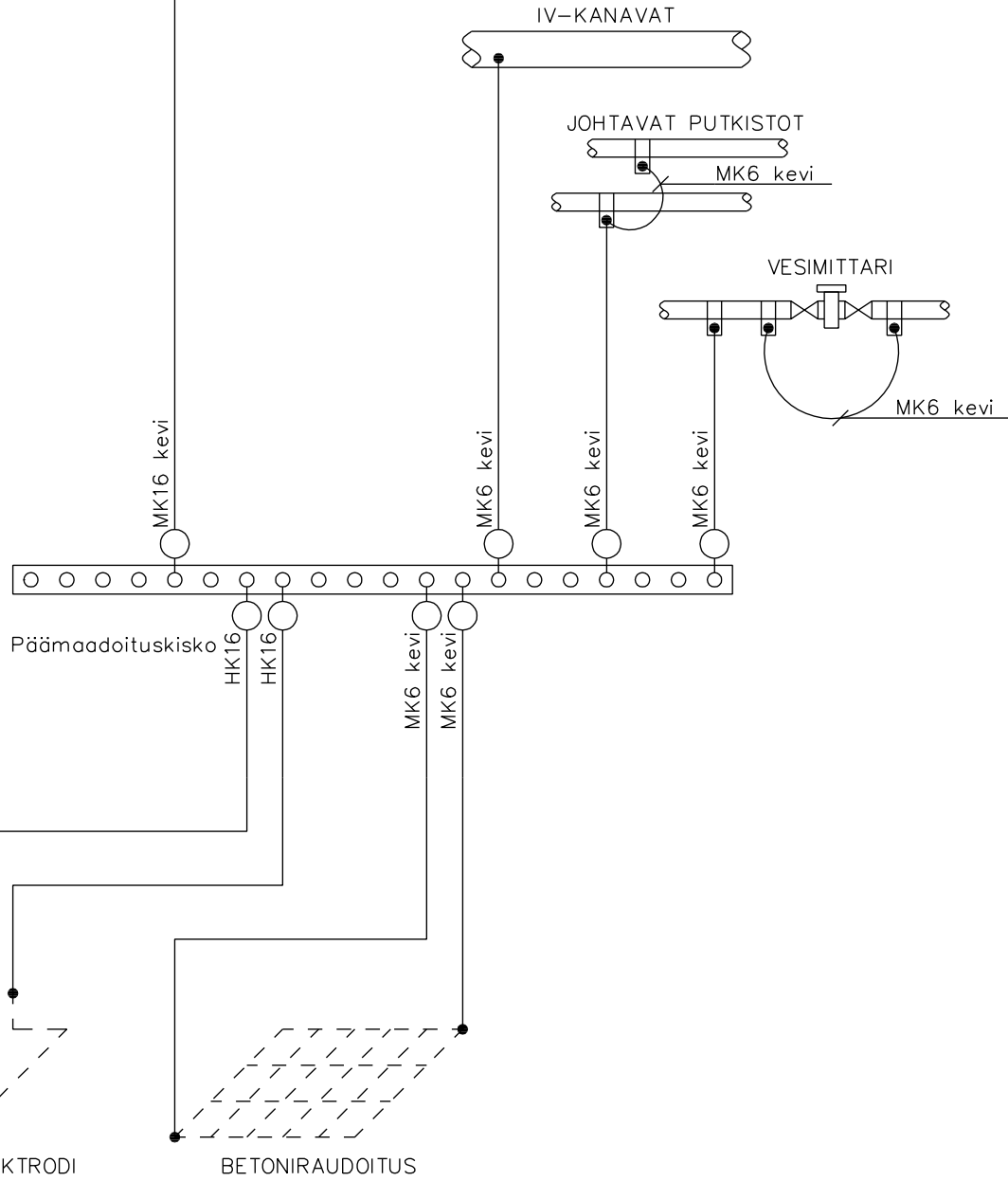
Lehti
1/5

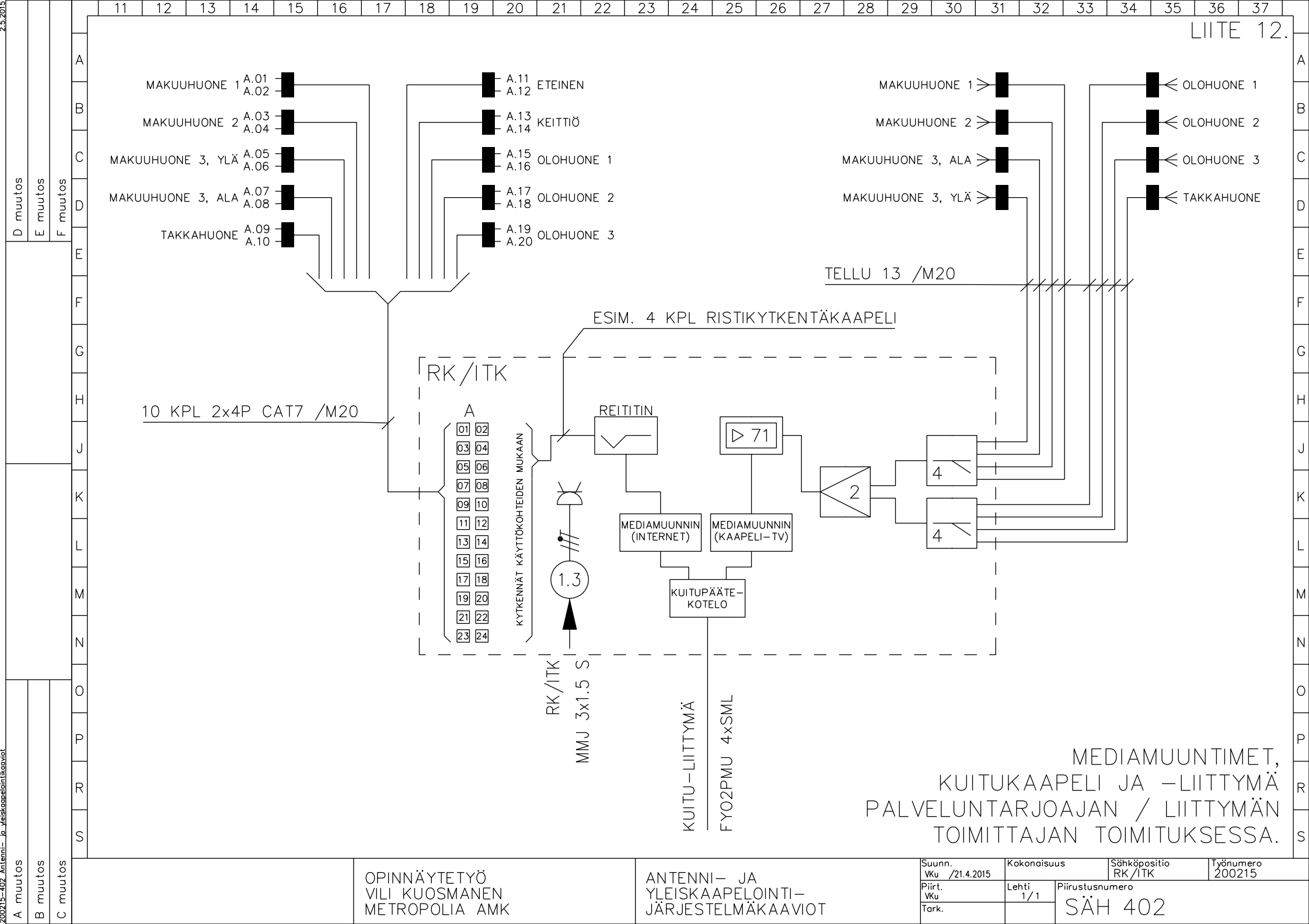
Sähköpositio
RK/ITK

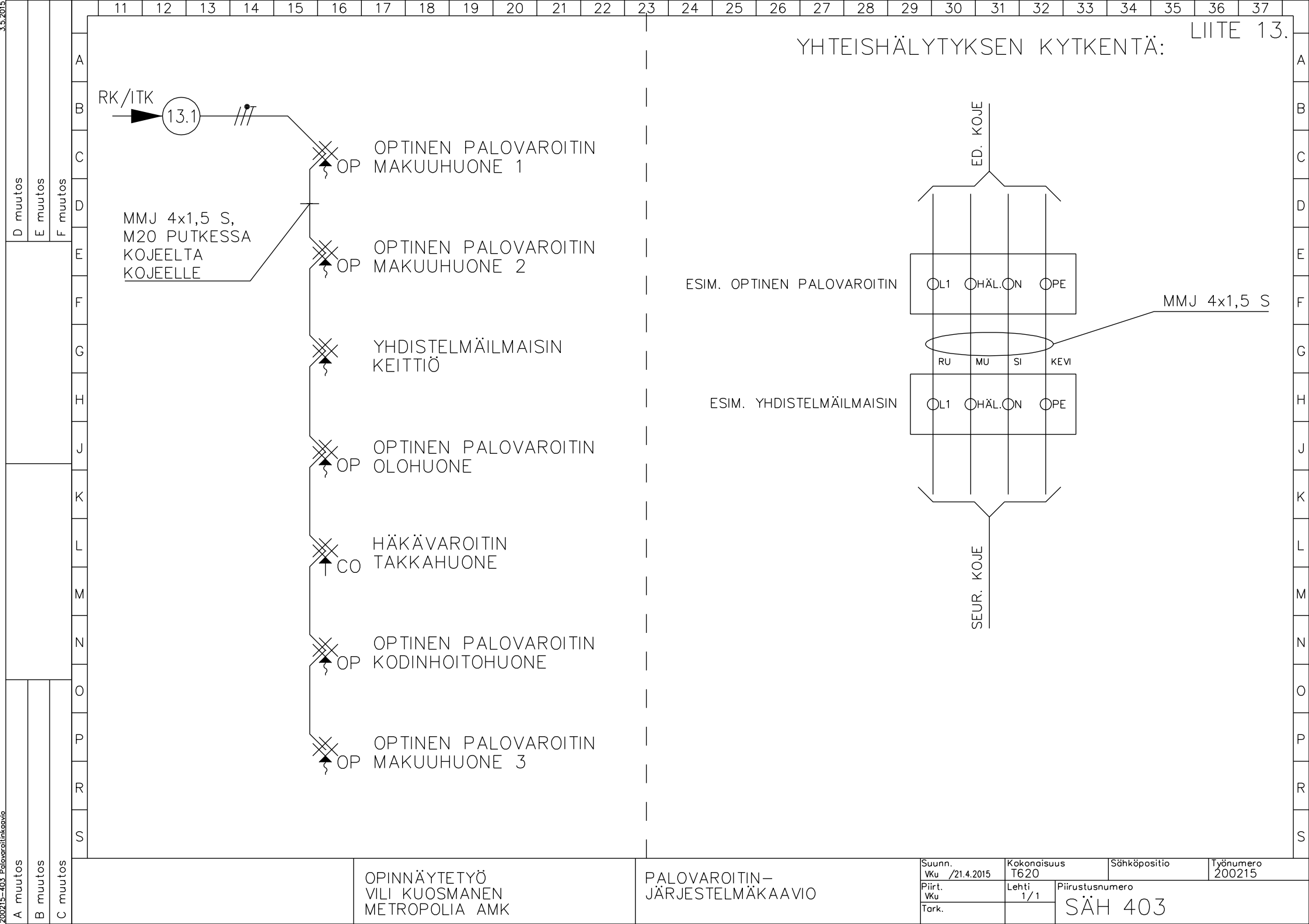
Piirustusnumero
SÄH 302

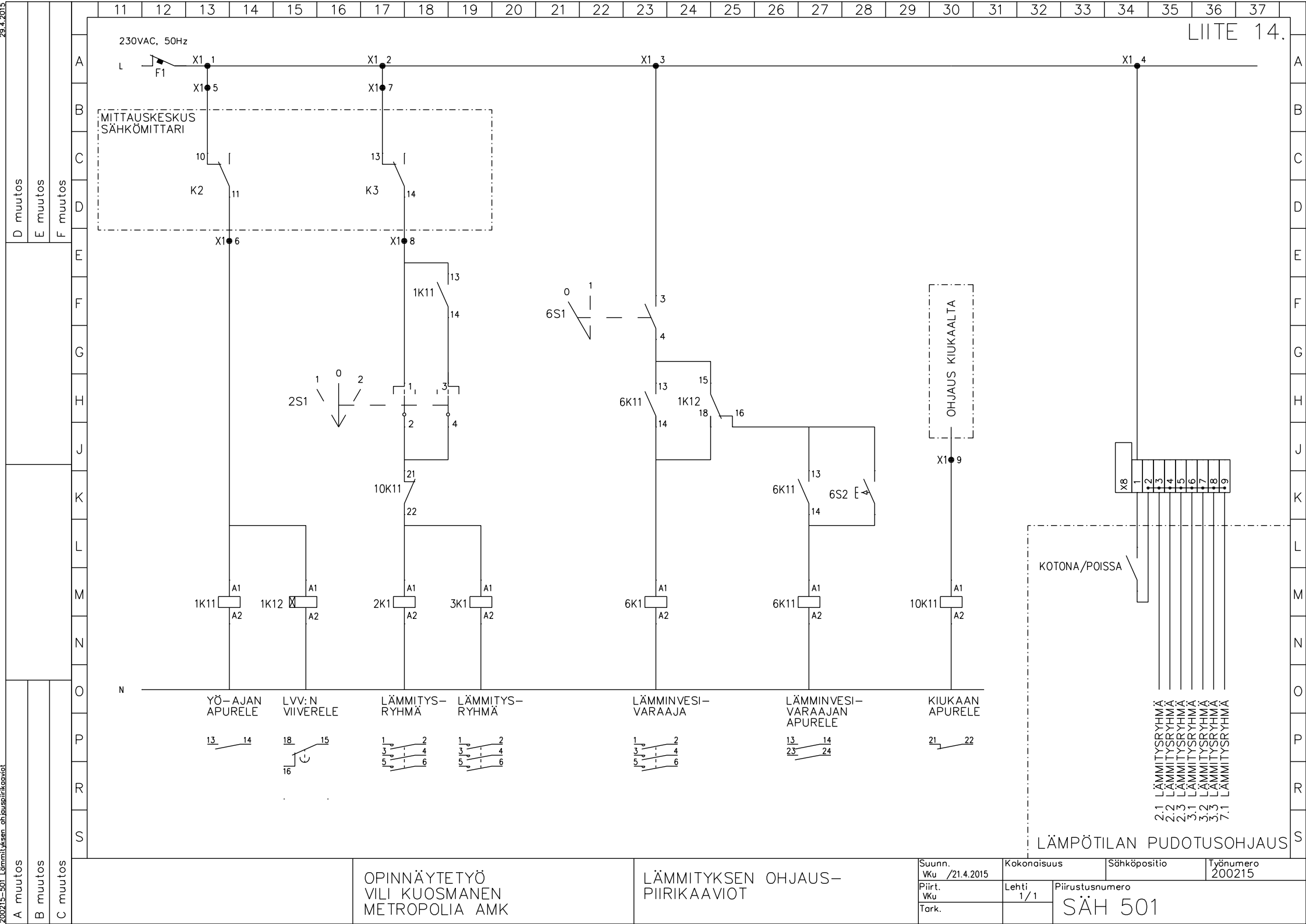
Työnumero
200215

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
A																											
	KESKUS						RYHMÄ	OSOITE						TUNNUS			JOHDOTUS		kVA/kW	A / A		HUOM. ⁵ (5)					
B																											
C							14.2	Varalla												C10							
D																											
E							14.3	Varalla												C10							
F																											
G							15	Liesi						Keittiö			MMJ 5x2.5 S			B16							
H																											
J							16.1	Pistorasia						Liesituuletin			MMJ 3x2.5 S			C16							
K																											
L							16.2	Pistorasia						Jääkaappi			MMJ 3x2.5 S			C16							
M																											
N							16.3	Pistorasia						Pakastin			MMJ 3x2.5 S			C16							
O																											
P																											
R																											
S							17.1	Pistorasia						Ilmalämpöpumppu			MMJ 3x2.5 S		0.375	C16							
							17.2	Ilmanvaihtokone						Tekninen tila			MMJ 3x2.5 S		0.12	C16							
							17.3	Varalla									MMJ 3x2.5 S			C16							
							18	Varalla												C10							
							19	Varalla												C16							









D muutos		E muutos	F muutos	A	TUNNUS	LAITE	TYYPPI	VALMISTAJA	PIIRUSTUS	NIMIKE	MÄÄRÄ	ALIHANK.	3 (3) HUOM.			A																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
				B		Merkinantokoje	Keskiö, Impr, telerasia, VAL	ABB Asennustuotteet		7005546	8		B																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
		C		Ovikello	Ding Dong valkoinen ovikello	Friedland		7025014	1			C																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
				Palovaroitin	FA230 Optinen 230V	Kamic Installation		7111800	5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
			Häikävaroitin	FA23-CO 230VAC	Kamic Installation		7111847	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
		D		Palo-/häikävaroitin	EI2110 Yhdistelmäilmaisoin	FSM		7137739	1			D																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
				Telerasia	2xRJ-45, Cat6 UTP, VAL	ABB Asennustuotteet		7204039	10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
		E		Antennivahvistin	HS005L	Laatuantenni		7540475	1				E																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
				Antennihaaritin	LAH4-12P	Laatuantenni		7541129	2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
				Antennijaotin	LAJS2	Laatuantenni		7541160	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
		F		Antennirasia	LARS 202 Päät. ant.ras. 2/6dB	Laatuantenni		7541665	8				F																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
				Lämmitin	Taso5	Ensto		8127242	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
G		Lämminvesivaraaja	VLS200	Jäspi		8164553	1					G																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
		Lattialämmityskaapeli	Tassu2	Ensto		8168263	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
H		Lattialämmityskaapeli	Tassu6	Ensto		8168265	2					H																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
		Lattialämmityskaapeli	Tassu9	Ensto		8168266	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
J		Lattialämmityskaapeli	Tassu12	Ensto		8168267	3						J																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
		Lattialämmityskaapeli	Tassu22	Ensto		8168269	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		K		Lattialämmityskaapeli	Thinkit EFHTK1, 13,5 m, 130 W	Ensto		8168450	1					K																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														